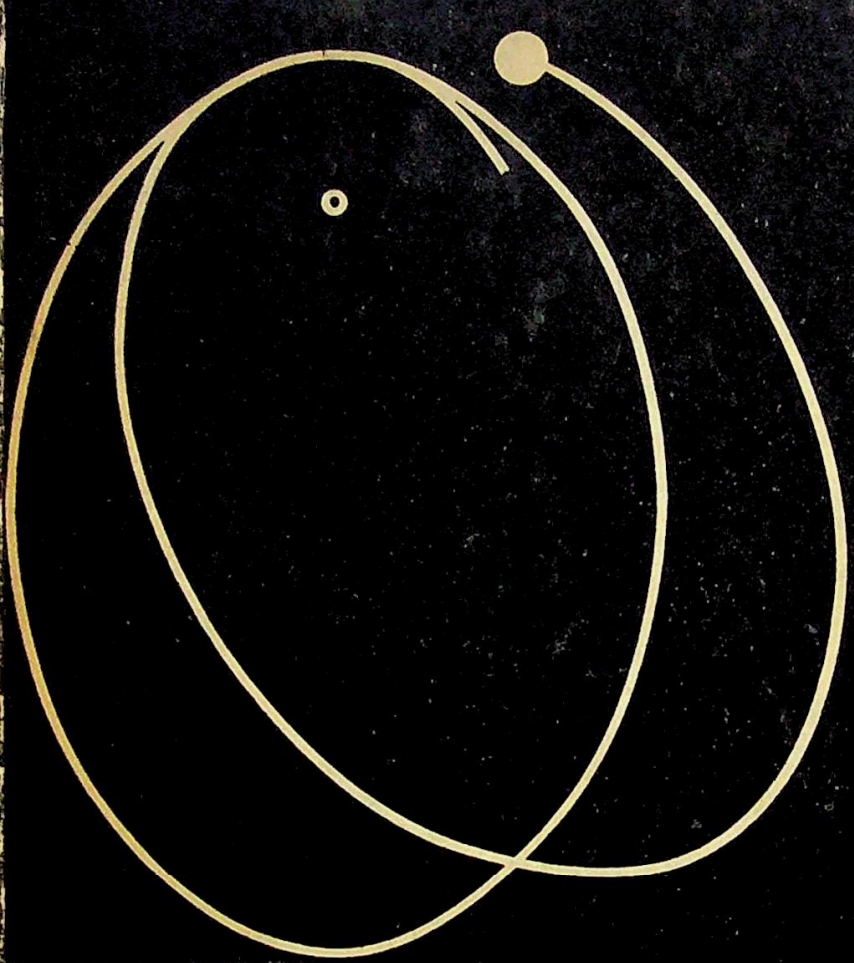


academia de ciencias de la u. r. s. s.

e. kolman

lenin y la física contemporánea

ediciones pueblos unidos
montevideo

Universidad de Oviedo
Seminario de Filosofía

lenin y la física contemporánea

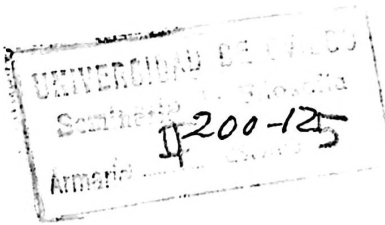
f530B-34
Cal.

fisica - S. XX 53"19"

R. 284

ACADEMIA DE CIENCIAS DE LA U. R. S. S.

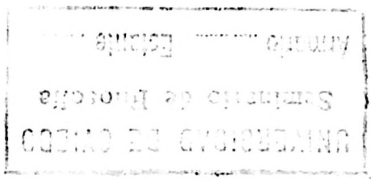
Instituto de Historia de las Ciencias
Naturales y de la Técnica



Lbs 80045

LENIN
Y LA FISICA CONTEMPORANEA

SEGUNDA EDICION



MONTEVIDEO Ediciones Pueblos Unidos URUGUAY

Traducción directa del ruso
por
QUANTUM

© EDICIONES PUEBLOS UNIDOS S. A.
TACUAREMBO Y COLONIA — C. CORREO 589 — MONTEVIDEO-URUGUAY
IMPRESO EN EL URUGUAY PRINTED IN URUGUAY

"La inteligencia humana ha descubierto muchas cosas prodigiosas en la naturaleza, y descubrirá aun más aumentando de este modo su poder sobre ella, pero eso no quiere decir que la naturaleza sea una creación de nuestro espíritu o de un espíritu abstracto..."

LENIN.

Hace ya medio siglo, Lenin escribió su obra "Materialismo y empiriocriticismo". En este libro genial, defendió y continuó desarrollando el materialismo histórico y dialéctico, fundamento teórico del comunismo, base teórica de la concepción del mundo y de la política de nuestro Partido.

"Materialismo y empiriocriticismo" tiene la misma importancia que tuvo y sigue teniendo el "Anti-Dühring" de Engels, con el que se educaron generaciones de revolucionarios proletarios.

En esta obra suya, Lenin dio a conocer una generalización materialista de los descubrimientos más importantes de las ciencias naturales. Estos descubrimientos se hicieron durante los treinta años que siguieron a la publicación de la obra clásica de Engels y los trece años posteriores a la fecha en que éste falleció.

El materialismo tiene que adquirir un nuevo aspecto después de cada descubrimiento nuevo, de los que hacen época en las ciencias naturales. Esta tarea de ulterior desarrollo y perfeccionamiento de la filosofía marxista fue realizada por Lenin.

A finales del siglo XIX, el capitalismo desembocó en la nueva y última fase, imperialista, de su desarrollo. Las ciencias naturales abrieron ante el hombre un mundo nuevo. Basándose en la nueva experiencia, en los nuevos co-

nocimientos, Lenin sustituyó audazmente ciertas tesis anticuadas del marxismo por otras nuevas. Éstas se hallaban en consonancia con la nueva época, con el nuevo nivel de desarrollo de las ciencias naturales y, ante todo, de la física. Lenin mantuvo inmutable la esencia de la concepción del mundo y del método marxistas. Rechazando resueltamente los ataques de los adeptos de Mach, los revisionistas de aquel tiempo, Lenin, en "Materialismo y empiriocriticismo", dio al materialismo dialéctico una forma que, para aquella etapa del desarrollo histórico, era la más perfecta.

Estudiando atentamente, y no sin emoción, una y otra vez la obra de Lenin, no se puede menos de sentir admiración a cada lectura, por su lozanía y actualidad. Hay que tener en cuenta que durante los 50 años que han transcurrido, las ciencias naturales y, en especial, la física se han transformado por completo. Las tempestades de las guerras mundiales y de las revoluciones sociales han modificado también la función social de la ciencia. A pesar de ello, se puede comprobar que el pensamiento inmortal de Lenin superó en mucho el estadio de progreso alcanzado por la física en su tiempo. La solución que dio a los problemas más importantes de esta ciencia se vio totalmente confirmada por su ulterior desarrollo.

Lenin no era físico y, como él mismo señalaba, su tarea no consistía en analizar las doctrinas físicas especiales. El fin que se propuso fue defender, contra las falsificaciones y tergiversaciones, la concepción del mundo revolucionaria del proletariado, su teoría del conocimiento. No obstante, Lenin dominaba a la perfección el método de la dialéctica materialista. A diferencia de Plejánov, la física no era para él únicamente un conjunto de ejemplos que ilustraban las leyes de la dialéctica. Con su rigor lógico característico, aprendido en la escuela de Marx y Engels, Lenin consideraba que las ciencias naturales, así como las sociales, son la base de la concepción científica del mundo. Por esto, precisamente, su obra tiene una importancia imperecedera para la física moderna. Por esto,

justamente, "Materialismo y empiriocriticismo" contiene las ideas rectoras necesarias para resolver los problemas filosóficos de la teoría contemporánea.

1. LA CRISIS DE LA FISICA A COMIENZOS DE ESTE SIGLO

Durante el período de transición entre los dos siglos, el pasado y el presente, la física sufría una crisis profunda reconocida por los propios físicos. Una de sus causas estribaba en la ruptura que existía entre el estado objetivo de la ciencia y las concepciones subjetivas de los científicos. En la física se estaba produciendo una verdadera revolución dialéctica. A partir del primer tercio del siglo XIX, en las ciencias naturales ya se habían difundido y afianzado las ideas evolutivas. Pero junto con esto, para la inmensa mayoría de los físicos continuaba siendo corriente la manera metafísica de pensar, característica del período mecánico de las ciencias naturales y anticuado hacía ya mucho tiempo.

En las proximidades del microcosmo

En 1895, el físico alemán Roentgen descubrió los rayos que posteriormente se conocieron con su nombre. Se trataba de ondas electromagnéticas de muy pequeña longitud —del orden de 10^{-8} cm.— y, en justa correspondencia, de un gran número de oscilaciones —del orden de 10^{18} por segundo[1].

A partir de este momento, de modo semejante a un alud que se precipita por la ladera de una montaña, comenzaron a multiplicarse nuevos y nuevos datos experi-

(1) 10^{-8} cm. representa una fracción en la que el numerador es la unidad y el denominador la unidad seguida de 8 ceros, es decir, 1/100 000 000; 10^{18} corresponde a una cifra que se representa por la unidad seguida de 18 ceros. Al decir que la longitud de onda de los rayos Roentgen es del orden de 10^{-8} cm. se quiere expresar que su medida está dada por esta escala. Con más exactitud, sus ondas tienen una longitud que oscila entre $0.06 \cdot 10^{-8}$ cm. hasta $20 \cdot 10^{-8}$ cm. En adelante, utilizaremos esta representación abreviada de las magnitudes.

mentales que ponían de manifiesto la existencia de un mundo de dimensiones espaciales y temporales, masas y cargas eléctricas extraordinariamente pequeñas, así como de velocidades grandes en extremo. Este nuevo mundo de la física recibió la denominación de *microcosmo*. A él

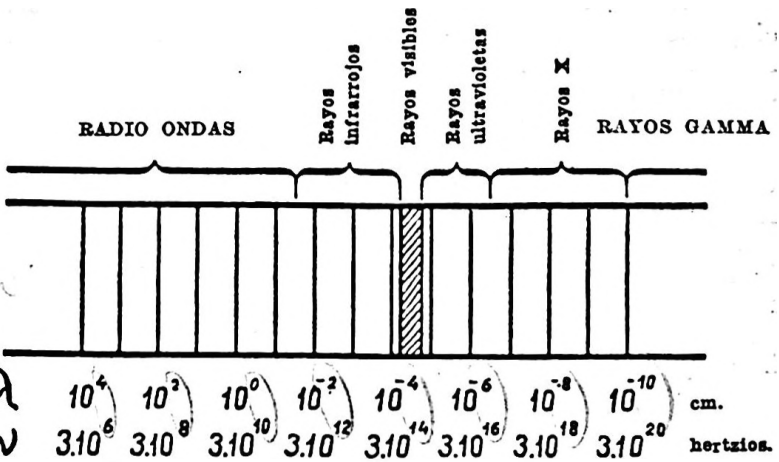


Fig. 1. — Escala de las ondas electro-magnéticas.
λ es la longitud de onda;
ν su frecuencia (el hertzio equivale a una oscilación por segundo). El sector rayado corresponde a los rayos visibles.

le eran aplicables muchos de los conceptos y leyes fundamentales de la física, bajo el aspecto en que históricamente se habían formado, pues habían surgido de la observación de los fenómenos del mundo que nos rodea —*macrocosmo*— tal como pueden ser percibidos directamente por nuestros órganos sensoriales. La vista es nuestro órgano más sutil y el más importante en el proceso del conocimiento del mundo externo. Pero su capacidad es muy limitada: el ojo percibe únicamente la "luz visible", es decir, una pequeña parte del espectro de las ondas electromagnéticas, de 38 a 78 . 10^{-6} cm. (fig. 1). Puede distinguir dos puntos desde un ángulo no inferior a 1 mi-

nuto angular. Las distancias del orden de 0,1 mm. son el límite del "poder separador" del ojo. Únicamente el empleo de instrumentos ópticos, basados en los conocimientos físicos, ha ampliado los límites de la visión humana.

Los fenómenos del microcosmo no pueden ser percibidos de un modo tan directo como pueden serlo, bajo la forma de sensaciones con toda la variedad de sus cualidades, los fenómenos del macrocosmo. Esto dio motivo, precisamente, a que ciertos físicos negasen la existencia de la *realidad objetiva*, negasen la *materialidad* del mundo. Por otra parte, la imposibilidad de aplicar al microcosmo muchas de las leyes que rigen en el macrocosmo hizo que ciertos físicos negasen la existencia de leyes *en general*. Éstos dieron en afirmar que en la naturaleza impera la casualidad pura. Algunos llegaron de este modo al indeterminismo, a la negación de las leyes en la naturaleza, mientras que otros negaban la posibilidad de conocer estas leyes, es decir, cayeron en el agnosticismo.

Así nació el idealismo "físico", del que formaban parte las escuelas filosóficas de Mach y Ostwald. Bajo su influencia, de moda en aquel entonces, cayeron también ciertos socialdemócratas, entre los que se contaban, asimismo, los de Rusia. La tendencia general hacia la reacción, característica de la iniciación de la época del imperialismo, sirvió de señal a los idealistas subjetivos para desencadenar furiosos ataques contra el materialismo. Estos ataques se llevaban al unísono en varias direcciones.

El radio, "gran revolucionario"

En 1896, el físico francés Becquerel descubrió que las sales del elemento uranio emiten una radiación que es capaz de ennegrecer una placa fotográfica, atravesando la hoja de papel que la envuelve. Además, esta radiación ioniza el aire. Las moléculas que componen los gases del aire que, en condiciones corrientes, son eléctricamente neutras, se transforman en *iones*, en partículas que poseen una carga eléctrica positiva o negativa. En 1898, la

físico polaca María Curie-Sklodowska, que realizaba investigaciones conjuntamente con su esposo, el francés Pierre Curie, descubrió dos nuevos elementos químicos, el polonio y el radio. Estos elementos, así como sus combinaciones, poseen aun en mayor grado que el uranio la propiedad de emitir radiaciones "penetrantes". Gradualmente se puso en claro que esta propiedad, que M. Curie denominó *radiactividad*, consiste en la transformación de un elemento químico en otro, acompañada de una emisión de energía. Esta transformación se produce, sin influencia directa externa, a consecuencia de causas internas, de la inestabilidad de los átomos pesados.

Tres tipos de radiaciones

Los elementos radiactivos pueden emitir tres tipos de radiaciones: 1) *rayos alfa;* el núcleo del átomo radiactivo expulsa el núcleo del átomo de helio, de número de masa 4 que posee 2 cargas positivas (es decir, el número atómico del helio es igual a 2 y su peso atómico, redondeado a número entero, igual a 4); durante la desintegración alfa, el elemento radiactivo se transforma en otro elemento de número de masa y número atómico reducidos a 4 y 2 respectivamente; o dicho de otro modo, se produce una simplificación del átomo, un desplazamiento en dos lugares a la izquierda en el sistema periódico de Mendeléiev; 2) *rayos beta;* el núcleo del átomo expulsa un electrón poseedor de una carga negativa; el elemento radiactivo se transforma en otro del mismo número de masa, pero de número atómico incrementado en una unidad; en este caso,

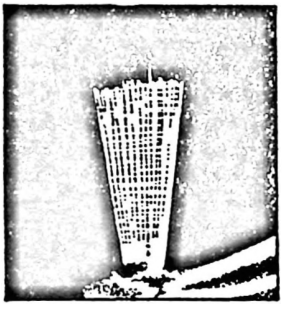


Fig. 2. — Rayos alfa emitidos por un manantial radiactivo (fotografía obtenida en una cámara de Wilson).

el átomo se hace más complejo, se traslada un lugar a la derecha en el sistema de elementos de Mendeléiev; 3) *rayos gamma;* se trata de una radiación electromagnética, de longitudes de onda muy pequeñas, que acompaña a la transformación de los átomos. En la figura 2 se muestra una fotografía de la radiación alfa, obtenida con una cámara de Wilson; es una cámara llena de vapores de agua o de alcohol; alrededor de las micro-partículas cargadas eléctricamente que circulan por la cámara, los vapores se concentran; aparecen gotas que forman una cadena, la huella de una partícula que se puede observar o fotografiar. Situando la cámara en un campo magnético y teniendo en cuenta la desviación de la huella de la partícula, se puede determinar su carga y su velocidad, así como la masa y la energía.

La destructibilidad del átomo

El descubrimiento de la radiactividad puso de manifiesto que el átomo, a pesar de su nombre, que en griego significa "indivisible", es de estructura compleja. La noción antigua y hondamente arraigada acerca de los átomos como las partes componentes últimas e invariables de que se halla formada la materia resultó ser infundada. De aquí los idealistas —tanto físicos como filosóficos— llegaron a la conclusión de que, en general, el atomismo —doctrina acerca de la estructura "granular", discontinua de la materia— había fracasado. Conjuntamente con el atomismo, claro está, se apresuraron a enterrar también el materialismo, doctrina que enseña que en el mundo no hay nada más que materia en perenne movimiento y variación e infinitamente rica en sus manifestaciones, doctrina que nos dice que la materia es el dato primario y la conciencia el dato secundario.

Lenin desenmascaró este subterfugio de los idealistas haciendo ver su total falsedad.

Las desventuras del energetismo

Por aquel entonces, ejercían una gran influencia las concepciones del físico-químico alemán Ostwald. Éste creó una tendencia idealista especial, el energetismo, una de las variedades del machismo. Ostwald afirmaba que en la vida real sólo existe energía y la interpretaba como algo que nos es dado únicamente en nuestra conciencia, en nuestras sensaciones. Afirmaba que existe movimiento sin materia. Negaba la realidad de la existencia de los átomos y moléculas, considerando que tanto unos como otras son solamente ficciones, categorías imaginarias de cómoda utilización, creadas especialmente por nosotros. Lenin demostró la total absurdidad del energetismo, que intentaba desterrar la materia de las ciencias naturales, puso al desnudo la influencia nociva, retrógrada que esta doctrina reaccionaria ejercía en el desarrollo de la física. Aun cuando todas las magnitudes físicas se pudiesen expresar en función de la energía, ¿podría acaso inferirse de esto que la materia había desaparecido de la física? Evidentemente, no. No obstante, sólo en 1908, ante la evidencia de los hechos, Ostwald se vio obligado a reconocer que los átomos realmente existen. Sin embargo, aun después de esto, no renunció a las tesis generales del energetismo.

La verdad es que el empuje de los hechos que demostraban la existencia de los átomos era incontenible. Se puso en claro que la energía emitida por los elementos radiactivos es enorme: ¡durante la desintegración total de 1 g. de radio llegaría a desprenderse la misma cantidad de calor que el producido por la combustión de 500 kgs. de carbón! Bien es verdad que el proceso de desintegración del radio es lento: el período de la semidesintegración del radio es igual a 1600 años, es decir, durante este tiempo se desintegra únicamente la mitad de la existencia total de radio. A pesar de ello, ya entonces se comprendió que en las entrañas de los átomos de ciertos elementos se oculta una energía colosal, que puede tener una

gran importancia en cuanto aprendamos a liberarla y utilizarla. Y cuando en 1901 se descubrió que la radiactividad provoca quemaduras, y luego se iniciaron tentativas para utilizar el radio con fines medicinales, los hombres de negocios comenzaron a interesarse por el radio. En 1904, se logró por vez primera producirlo industrialmente. Las ganancias que en moneda contante y sonante se obtuvieron con su venta debieron ser finalmente reconocidas por el propio Ostwald. ¡Se trataba de una demostración suficientemente contundente de la realidad de los átomos del nuevo e inconstante elemento químico!

El descubrimiento del electrón

Ya mucho antes, en el año 1897, el físico inglés J. J. Thomson había descubierto el electrón. Con mucha anterioridad a esto, el científico inglés Stone y el físico y fisiólogo alemán Helmholtz llegaron a la conclusión de que han de existir "átomos de electricidad" —las más pequeñas cargas eléctricas, cuya ulterior división es ya imposible. Pero entonces ellos no relacionaban la existencia de estas cargas con la de unas partículas ligerísimas y especiales de la materia.

Sin embargo, en 1880, el físico inglés Crookes expresó la opinión de que los "rayos catódicos" son precisamente un flujo de estas partículas. Los rayos catódicos se forman en una ampolla llena de un gas intensamente enrarecido. Al pasar una descar-

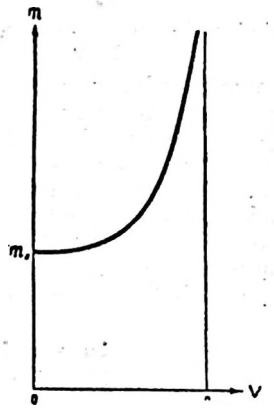


Fig. 3. — Dependencia de la masa respecto a la velocidad.

En el eje horizontal se han tomado las velocidades y en el vertical las masas; m_0 es la masa en reposo. Cuando la velocidad del cuerpo se aproxima a la de la luz su masa aumenta ilimitadamente.

ga eléctrica a través de este gas, se los puede descubrir, pongamos por ejemplo, por la luminiscencia de las paredes de la ampolla. En los campos eléctrico y magnético, los rayos catódicos sufren una desviación. Por la magnitud de su desviación se puede calcular la velocidad v del movimiento de las partículas y la relación $\frac{e}{m}$ entre su carga eléctrica y su masa. La carga del electrón es negativa e igual a $4{,}8 \cdot 10^{-10}$ unidades electroestáticas absolutas.

La masa en reposo del electrón es también muy pequeña. Equivale únicamente a $9 \cdot 10^{-28}$ g, es decir, alrededor de un $\frac{1}{1840}$ de la masa del átomo del elemento químico más ligero, el hidrógeno. Al referirnos a la masa en reposo se tiene en cuenta que la masa m del electrón depende de su velocidad. Cuanto más se aproxime su velocidad v a la velocidad c de la luz en el vacío, igual a $3 \cdot 10^{10}$ cm./seg., con tanta mayor rapidez aumenta m, adoptando valores infinitamente grandes, según puede verse en la figura 3. Se entiende por masa en reposo m_0 la que corresponde a $v = 0$, es decir, la masa de un electrón que se halla en reposo respecto a cualquier otra partícula.

La variabilidad de la masa y los subterfugios de los idealistas

El descubrimiento del electrón fue una nueva y brillante confirmación del atomismo materialista. Sin embargo, los idealistas se dieron prisa en interpretar a su manera la circunstancia de que la masa del electrón varíe en dependencia de la velocidad. Ya en 1891, el físico ruso Lébedev demostró que el campo electromagnético (la luz) posee masa, para lo cual le bastó con estimar la magnitud de la presión que sobre los cuerpos iluminados ejerce un flujo de luz. El físico alemán Kaufmann determinó expe-

rimentalmente la ley de la variación de la masa m de un electrón en dependencia de su velocidad v:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

(aquí, m_0 es la masa en reposo del electrón; c, la velocidad de la luz en el vacío, es decir, en un espacio en el que no hay partículas de substancia). Esta ley, lo mismo que la relación extraordinariamente importante entre la masa m y la energía E de una partícula:

$$E = mc^2$$

fue deducida teóricamente en 1905 por Einstein en su forma general. Lenin llamó a Einstein uno de los "grandes transformadores de las ciencias naturales". Einstein realizó esto en la teoría especial de la relatividad por él creada, y demostró que ambas leyes son ciertas para cualquier partícula de substancia, independientemente de que ésta posea o no una carga eléctrica. Por cuanto en la física era comúnmente admitido el considerar la masa como la medida de la cantidad de materia, el descubrimiento del valor inconstante de la masa fue interpretado por los idealistas en el sentido de que la materia desaparece y el materialismo deja de existir.

Lenin puso de manifiesto la naturaleza real de este subterfugio idealista señalando que la *única* propiedad de la materia a cuyo reconocimiento se halla ligado el materialismo filosófico es la de ser una *realidad objetiva*, la de existir independientemente de la conciencia. La masa es la medida de la inercia de los cuerpos y de sus propiedades gravitatorias. Es una de las características más importantes de las diversas clases de partículas materiales. Pero con todo esto, la masa, lo mismo que las demás características de la materia, varía. Nuestras nociones físi-

cas acerca de ella son incompletas, cambian, se hacen más precisas de acuerdo con el nivel de nuestros conocimientos teóricos y experimentales. Nuestros conceptos físicos sobre la masa se modifican también ahora y se modificarán asimismo en el futuro. Aun ahora, los idealistas no saben qué hacer para refutar el materialismo basándose en esto. Pero todos sus afanes son inútiles. La noción acerca de la masa mutable no puede poner en duda el hecho irrefutable de que la naturaleza existe independientemente de nuestros sentidos y es reflejada por éstos.

El desmoronamiento del mecanicismo

La transformabilidad de los átomos, el carácter variable de la masa, los "átomos de electricidad" —los electrones—, todos estos descubrimientos infligieron un golpe decisivo a la concepción mecanicista del mundo. Debe tenerse en cuenta que su prestigio se vio seriamente quebrantado mucho antes, cuando en la década del 70 del siglo XIX se creó la teoría cinética de los gases y, sobre todo, cuando en la década del 80 fue universalmente reconocida la teoría del campo electromagnético de Faraday y Maxwell.

La concepción mecánica del mundo se confirmó admirablemente en las velocidades relativamente pequeñas. De acuerdo con las leyes de la mecánica de Newton se calculaban y se calculan en la actualidad, tanto las construcciones y el movimiento de los mecanismos terrestres, como las órbitas de los cuerpos celestes más alejados. Con su ayuda se calculan las trayectorias de los satélites artificiales y de los cohetes cósmicos.

Pero en los procesos que se efectúan a velocidades que se aproximan a la de la luz, la concepción mecánica no sirve. Todas las tentativas realizadas para reducir las leyes del campo electromagnético a las de la mecánica, para explicar los fenómenos eléctricos y magnéticos como movimientos mecánicos de un medio especial y universal —del éter— han fracasado. Esto puso de manifiesto que

la concepción mecánica del mundo es inexacta, incompleta, que había que sustituirla por otra, por la electromagnética. No obstante, ciertos físicos, Mach el primero, llegaron a la conclusión de que el campo electromagnético no existe en realidad. Se contentaron con decir que se trataba de una ficción inventada por los físicos, de un método cómodo para describir los fenómenos electromagnéticos. Negaban la existencia objetiva del campo electromagnético. Después de haber declarado que el físico sólo opera con conceptos convencionales creados por él mismo, Mach y sus partidarios anunciaron que habían refutado el materialismo.

Pero Lenin desenmascaró también esta maniobra. Y demostró que el materialismo no está supeditado al reconocimiento de una concepción física determinada del mundo. Puso de relieve que la estructura de la materia, de los átomos y de los electrones es una cuestión que atañe a la física, mientras que el problema filosófico sólo tiene que ver con la relación entre el conocimiento y el mundo físico. Junto con esto, Lenin se pronunció decididamente en pro de la necesidad de sustituir la vieja concepción mecánica del mundo por otra nueva, electromagnética o cualquier otra más perfecta, aun cuando inconmensurablemente más compleja. Y subrayaba que la antigua física, denominada "clásica", continúa siendo cierta para los movimientos relativamente lentos. Aquélla es sólo un caso límite de la nueva física, que es una copia fotográfica de movimientos reales muchísimo más rápidos. Lenin señaló el carácter histórico, transitorio, de nuestros conocimientos acerca de la estructura de la materia, debido a que ésta es inagotable. En todas sus partes componentes, la naturaleza no tiene principio ni fin. La sustitución de unas nociones acerca de la estructura de la materia por otras significa que nuestro conocimiento se hace más profundo. Desaparece el límite hasta el que se conocía la materia antes de ahora. "El electrón es tan *inagotable* como el átomo...", escribía Lenin.

El modelo del átomo, según Thomson

En 1908, cuando Lenin preparaba su obra, disputaban entre sí su derecho a subsistir en la física diversas teorías acerca de la estructura del átomo, que intentaban generalizar los numerosos datos experimentales acerca de la radiactividad de los átomos y del comportamiento de los electrones en éstos. En 1903, J. J. Thomson propuso el modelo del átomo que a continuación se expone: en una masa esferoidal de carga positiva hay incrustados —lo mismo que las pasas en un budín— electrones negativos, cuyas dimensiones son insignificantes en comparación con las del átomo (fig. 4). Este modelo permitió explicar la emisión y absorción de luz por los átomos, como consecuencia del desplazamiento de los electrones respecto de su posición de equilibrio.

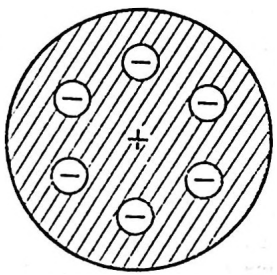


Fig. 4. — Modelo del átomo de carbono, según Thomson: en una esfera de carga positiva hay incrustados electrones negativos mucho más pequeños.

Basándose en la ley periódica de los elementos químicos de Mendeléiev, en la que está fundada la doctrina contemporánea acerca de la materia, Thomson supuso que los electrones se hallaban situados en el átomo formando capas, y que las propiedades químicas del elemento dependían de la capa externa de los electrones. Admitía que el número de electrones en el átomo era igual al número de orden del elemento y, junto con esto, en los elementos ligeros, igual a la mitad de su peso atómico.

Modelo planetario del átomo, según Rutherford

Pero Rutherford, discípulo de Thomson, demostró la inconsistencia del modelo de su maestro. Mediante sus ex-

perimentos sobre la dispersión de las partículas alfa por los átomos de diversas sustancias (fig. 5), demostró que en la inmensa mayoría de los casos estas partículas rápidas y masivas, de carga positiva, atraviesan fácilmente los átomos y sólo en casos excepcionales sufren una gran desviación. De aquí deducía Rutherford que el átomo debía poseer una estructura mucho más compleja que la supuesta por Thomson. Su núcleo debía tener una carga positiva (según es sabido, las cargas de igual signo se repelen) y ocupar una parte ínfima de todo el volumen del átomo. Al mismo tiempo, como el diámetro del átomo es del orden de 10^{-8} cm., el del núcleo debe ser del orden de 10^{-13} cm.

Fig. 5. — Dispersión de las partículas alfa en el oxígeno.

La mayor parte de las huellas de las partículas alfa es rectilínea aun cuando se sabe a ciencia cierta que las partículas alfa atraviesan los átomos. Únicamente una pequeña parte de estas huellas cambian bruscamente de dirección, lo que pone de manifiesto el choque de la partícula alfa con el núcleo de gran masa del átomo de oxígeno.

Así comenzó a formarse gradualmente un nuevo modelo planetario del átomo, definitivamente elaborado por Rutherford hacia el año 1911 (fig. 6). Ahora bien, ya Mendeléiev había imaginado cierto parecido entre la estructura del átomo y la del sistema solar.

Según el modelo de Rutherford, en el centro del átomo se encuentra un núcleo cargado positivamente, cuya masa es casi igual a la del átomo. Alrededor del núcleo, siguiendo órbitas circulares, giran los elec-

trones, del mismo modo que lo hacen los planetas alrededor del Sol. El número de electrones es igual al número atómico correspondiente en el sistema periódico de Mendeléiev. La carga negativa total de los electrones queda equilibrada por la carga positiva del núcleo, igual a aquélla en magnitud absoluta. Según este modelo, la diferencia entre el átomo y el sistema planetario consiste únicamente en que entre el núcleo del átomo y los electrones actúan fuerzas eléctricas y no las fuerzas de la gravitación, como sucede entre el Sol y los planetas.

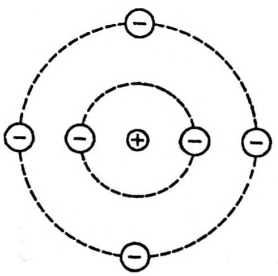


Fig. 6. — Estructura del átomo de carbono, según Rutherford.

En el centro se encuentra un núcleo de dimensiones extremadamente pequeñas alrededor del cual giran los electrones.

El modelo planetario del átomo representó un gran avance en comparación con el modelo de Thomson. Lenin acogió con simpatía esta idea, y se congratulaba de que "pueda explicarse el átomo como algo similar a un sistema solar infinitamente pequeño". Al mismo tiempo, señalaba su carácter temporal. Y, en efecto, ulteriormente se puso de manifiesto que el átomo no puede estar constituido bajo el aspecto que Rutherford se lo imaginaba. Para describir el movimiento de los electrones en el átomo, Rutherford aplicó las leyes corrientes de la mecánica y de la electrodinámica. Pero esto conducía a una señalada contradicción con los hechos. Ya en la década del 60 del siglo XIX, se sabía que los átomos de una substancia en estado gaseoso irradian una luz, cuyo espectro está formado por rayas aisladas, características del elemento químico que se considera, correspondientes a distintas longitudes de ondas perfectamente determinadas. Pero, de acuerdo con el modelo de Rutherford, los electrones que

giran alrededor del núcleo deberían irradiar un espectro compacto (continuo), perdiendo energía en la irradiación de luz. Por eso, el átomo no podría ser estable y sus electrones tendrían que precipitarse sobre el núcleo pasada una fracción infinitesimal de segundo. Sin embargo, sabemos que los átomos de muchos elementos pueden mantenerse en estado estable durante miles de millones de años. De aquí que hubiese que complementar el modelo de este átomo.

En 1913, el físico danés Bohr propuso un nuevo modelo, también planetario. Aun cuando éste da únicamente una idea muy grosera acerca de la estructura del átomo, se afianzó firmemente en la física, y todavía conserva su valor de primera aproximación a la realidad. Pero, según veremos más adelante, el modelo del átomo de Bohr se basa no ya en las nociones mecánicas, sino, aunque parcialmente, en las nuevas nociones cuánticas.

La "derogación" de las leyes de la naturaleza

El idealismo "físico" intentó interpretar a su favor no sólo la transformación de los átomos, la variabilidad de la masa y la estructura compleja de los átomos. Explicaba también, a su manera, aquellos cambios que el descubrimiento del microcosmo había introducido en la concepción de la ley de la conservación de la energía, en nuestras nociones acerca de las leyes que rigen y condicionan los fenómenos físicos, así como acerca del espacio y el tiempo. Cuando se descubrió la desintegración radiactiva espontánea de los átomos de los elementos pesados, ciertos físicos, entre los que se contaba también el relevante científico francés Poincaré, manifestaron que estos fenómenos no siguen la ley de la conservación de la energía. Esta "anulación" de la ley de la conservación de la energía fue interpretada por los físicos y filósofos idealistas como el fin del materialismo: puesto que el movimiento puede ser destruido y creado, el materialismo debe retirarse de la escena y dejar paso al idealismo.

Lenin puso despiadadamente en ridículo la pobreza de los razonamientos de estos malos filósofos, aunque eminentes físicos. La realidad vino a demostrar que los fenómenos radiactivos, lo mismo que los de cualquier otro tipo, cumplen exactamente la ley de la conservación de la energía, como medida general de las diversas formas del movimiento material.

La desintegración radiactiva es espontánea, es decir, se produce independientemente de las condiciones externas —por ejemplo, de la temperatura, presión, campo electromagnético— en que se encuentra la substancia radiactiva. Fue precisamente esta circunstancia la que ciertos físicos consideraron como demostración de que en la naturaleza no se cumplía la condicionalidad rectora de los fenómenos, que la ley de la causalidad carecía de valor objetivo. Puesto que en un átomo aislado no se puede determinar el instante exacto en que se desintegra y sólo se puede indicar la *probabilidad* de esta desintegración, resulta —según razonaban ellos— que en la naturaleza impera la casualidad en su forma más pura. Pero Lenin demostró que la ciencia no puede existir si se niega la existencia objetiva de una condicionalidad rectora de los fenómenos, si no se admite que los conceptos de causa y efecto, aun cuando aproximados y, en cierto modo, simplificados, son el reflejo de la interconexión objetiva de los fenómenos de la naturaleza.

Mach y otros idealistas "físicos" interpretaban la imposibilidad de percibir directamente los microobjetos —moléculas, átomos, electrones— en el sentido de que no es imprescindible imaginarse estos microobjetos en un espacio de tres dimensiones. Afirmaban que si no se había logrado crear una teoría satisfactoria de la electricidad hasta entonces, la causa residía en que su explicación se buscaba precisamente en los procesos que tenían lugar en el espacio tridimensional. Sin embargo, Lenin refutó estas fantasías. La física, escribía, coincide con la filosofía materialista en que, admitiendo la existencia de la realidad objetiva, reconoce que todos los objetos materiales,

por muy pequeños que sean, existen en el espacio tridimensional y en el tiempo. Nuestras nociones acerca del espacio y el tiempo cambian, evolucionan, dependen del nivel alcanzado por los conocimientos científicos; pero reflejan el espacio y el tiempo reales y objetivos, se aproximan al conocimiento de la verdad absoluta acerca de ellos.

¿Acaso puede desterrar el matematicismo a la materia?

En sus ataques al materialismo, el idealismo "físico" utilizó también la circunstancia siguiente. Al pasar a investigar los fenómenos del microcosmo, comenzaron a manifestarse en la física dos peculiaridades que la diferenciaban de la física clásica precedente. Se trataba de su cada vez más intenso *matematicismo* y de la *relatividad física,* cuya carta de naturaleza en la física se perfilaba más y más. La imposibilidad de percibir e imaginarse sensorial y palpablemente los microobjetos, de conocer directamente sus cualidades, conducía inevitablemente a los físicos a investigar estos objetos mediante las matemáticas. Si en la física clásica el método matemático servía ante todo para elaborar los resultados del experimento, ahora los físicos comenzaron a construir complejos modelos matemáticos abstractos de los procesos del microcosmo. Además, las mismas matemáticas se hacían cada vez más abstractas: en ellas comenzaron a emplearse ampliamente los espacios multidimensionales, construidos por analogía con el espacio material tridimensional, nuevas reglas de operaciones, etc.

Todos los conceptos matemáticos, aun los más abstractos, reflejan en fin de cuentas las relaciones cuantitativas y las formas espaciales del mundo material, por lo que —y únicamente por esto— pueden ser aplicados a éste. Al no comprender esto, muchos matemáticos, y junto con ellos muchos físicos, se imaginaron, sin fundamento alguno, que estos conceptos son el fruto del "pensamiento puro". Por si fuera poco, estos físicos no comprendieron que la posibilidad de expresar mediante ecuaciones matemá-

ticas las leyes físicas es el resultado de los progresos de la misma física, basados en los experimentos, y, por consiguiente, en la técnica, en el desarrollo de la industria. En ellos se creó la ilusión de que la física se reduce a las matemáticas y estas últimas al espíritu creador libre del raciocinio humano. "La materia ha desaparecido, sólo hay ecuaciones" anunciaron. Lenin desenmascaró la falsedad, el carácter anticientífico de estas concepciones.

Algunos físicos, entre los cuales algunos de gran talla, como el inglés Dirac, consideran que la elección de una u otra teoría matemática está dictada no porque los resultados con ella obtenidos se vean confirmados experimentalmente, sino por su "elegancia" y "belleza". Según Dirac, las leyes de la naturaleza concuerdan con la teoría matemática, "que se basa en nociones matemáticas tan simples y que se complementan entre sí de modo tan óptimo que el operar con ellas es un verdadero placer". La realidad es, en cambio, que si la teoría matemática es cierta, concuerda con las *leyes objetivas* de la naturaleza. Al afirmar esto, no ponemos de ningún modo en duda que el científico, al buscar una nueva teoría, prefiere la más armoniosa y lógicamente consecuente y que el operar con ella le produce una satisfacción estética. Las teorías que de modo más adecuado reflejan la realidad objetiva van acompañadas, junto con esto, de una lógica interna de transparencia cristalina, ya que la misma lógica, sus formas y leyes reflejan las relaciones de las cosas reales y no son, ni mucho menos, el fruto del "pensamiento puro".

Dirac llegó a su falsa concepción acerca del criterio de veracidad de las teorías físicas por partir de un planteamiento gnoseológico inicial erróneo. Considera que "a la física le tiene tan sin cuidado lo que el electrón representa en sí, como al jugador de ajedrez el material de que están hechas las figuras de su tablero". Si esto fuese así, la física se transformaría en un pasatiempo en el que se jugaría con las fórmulas según reglas elegidas convencionalmente. Entonces, efectivamente, sólo la elegancia de estas fórmulas podría suscitar interés. Pero nosotros sólo

temporalmente podemos abstraernos de lo que el electrón representa en sí.

A diferencia del ajedrez, en el que las reglas del juego no varían aun cuando las figuras sean de marfil, madera o plástico, o se las sustituya por letras, las fórmulas con que opera el físico dependen esencialmente de que consideremos el electrón como un "punto material" carente de dimensiones, como una esfera de radio 10^{-13} cm. o como cierto sistema complejo. Es evidente que en determinado escalón del conocimiento, tomando como punto de partida, por ejemplo, el modelo "esferoidal" del electrón, podemos abstraernos de su naturaleza, considerando únicamente su movimiento. Pero al elevar al absoluto esta posibilidad de la abstracción, al suponer que al físico le interesa solamente el movimiento y no lo que se mueve, Dirac comete un error idealista. Este error es semejante al que cometería una persona que al oir el grito "¡Fuego!" no se interesase por lo que arde, basándose para ello únicamente en que en esta oración hay una elipsis gramatical.

Relativismo físico y relativismo filosófico

En su aplicación al macrocosmo, donde los procesos tienen lugar con energías y velocidades relativamente pequeñas, la física podía, sin que esto causase ningún perjuicio, abstraerse de la íntima conexión que existe entre un cuerpo material cualquiera y los restantes. Podía considerar este cuerpo aisladamente, podía separar algunas de sus "propiedades", como, por ejemplo, su extensión espacial, su duración temporal, su masa. Podía admitir que éstas son inherentes al cuerpo dado, independientemente de su relación con los otros cuerpos. En este sentido *físico* estas propiedades se consideraban *absolutas*.

La física clásica conocía únicamente dos propiedades relativas de los cuerpos: su posición en el espacio y su velocidad. Un cuerpo posee posición y velocidad no por sí mismo, sino únicamente en relación a cualquier otro

cuerpo, a un "sistema de referencia". Pero al pasar al microcosmo, a las enormes energías, a las velocidades del orden de la velocidad de la luz en el vacío todo esto varía en alto grado. Según ha determinado la teoría especial de la relatividad, creada en 1905 por Einstein, aquí la conexión entre los objetos físicos se hace tan íntima que ya no se les puede considerar desligados unos de otros sin entrar en contradicción con la experiencia.

Por eso, muchas "propiedades", incluidas la extensión, la duración y la masa, dejan de ser físicamente absolutas. Resultan ser relativas, dependientes de la relación entre este cuerpo y los demás, dependen de su movimiento relativo. A esto fue, precisamente, a lo que se aferraron los idealistas físicos. Sustituyeron la relatividad física por la *filosófica.* Afirmaban que el reconocimiento de la alteración de conceptos como los de extensión, duración y masa equivale a admitir que todos nuestros conocimientos son sólo relativos: no existe posibilidad alguna de conocer lo absoluto, lo independiente de nuestras nociones acerca del espacio, el tiempo y la materia.

Lenin desenmascaró este *relativismo filosófico,* poniendo de relieve su carácter especulativo, totalmente infundado. Demostró que cualquier conocimiento, aun cuando contiene un elemento relativo, incompleto, aproximado, ya que está históricamente condicionado, sin embargo, contiene, indefectiblemente, un principio de verdad absoluta, a cuyo conocimiento nos aproximamos cada vez más durante el proceso de desarrollo histórico de la ciencia.

"La economía del pensamiento" y el fenomenismo

Finalmente, los idealistas "físicos" afirmaban, haciendo coro a Mach, que en sus investigaciones el científico debe regirse por el principio de la "economía del pensamiento". Las nociones y teorías científicas por ellos creadas deben ser lo más sencillas posibles, se deben poder asimilar gastando el mínimo de fuerza. Lenin refutó de un solo golpe este "principio" idealista subjetivo pregun-

tando si resulta "más económico" el "imaginarse" el átomo como indivisible o como formado por partículas positivas y negativas. Y señaló que el pensamiento humano resulta "económico" cuando refleja *correctamente* la verdad objetiva. Y esto queda comprobado por la práctica, el experimento, la actividad productiva de los seres humanos. El filósofo que recomienda al investigador utilizar en el proceso del conocimiento el principio de la "economía del pensamiento", la "comodidad", el "menor esfuerzo" se comporta de modo semejante al mollah quien al ver que Nasreddin buscaba algo en el suelo, en un rincón obscuro, le preguntó: "¡Eh!, ¿qué haces?" —"Se me ha caído aquí un dinar", —le contestó Nasreddin. "No seas extravagante —le dijo el mollah— busca ahí, al doblar la esquina, debajo del farol. Ahí hay más luz y te será más fácil buscar".

Rechazando decididamente la exigencia de la "simplicidad" de las teorías físicas, no pensamos en modo alguno negar que, en cierto sentido, la "sencillez" se manifiesta, efectivamente, en las leyes de la naturaleza. Así, en muchos casos, la variación de una magnitud física cualquiera y puede ser descrita con gran exactitud si se tiene en cuenta su dependencia únicamente respecto a un pequeño número de variables $x_1, x_2, \ldots, x_n$, y la ley de dependencia está expresada por una función continua con derivadas continuas de diversos órdenes. Hasta dependencias tan simples como las proporcionalidades directa e inversa se dan con frecuencia. Bien es verdad que se trata de una sencillez relativa; cuando la investigación se hace más profunda, las dependencias simples son sustituidas por otras más complejas. Pero la sencillez, simetría, invariancia, o carácter extremo no se pueden negar simplemente, ni silenciar o contrarrestar con una broma o con razonamientos de tipo general. En cada caso concreto hay que intentar explicarlo partiendo de la naturaleza misma de los fenómenos, asestando de este modo un golpe al "principio de la sencillez" que se plantea como una exigencia a la naturaleza.

Al principio de la "economía del pensamiento" se halla íntimamente ligado también el enfoque *fenomenista* en la investigación de los procesos físicos, que exige únicamente la descripción de los fenómenos, ya que considera innecesaria e imposible la investigación de su esencia, de las causas que los suscitan. Evidentemente, una descripción exacta es una etapa importante de la investigación, pero con ello ésta no termina. Un ejemplo convincente nos lo ofrece la termodinámica, que ha dado una descripción cuantitativa muy valiosa de los fenómenos térmicos. Sin embargo, no ha podido alcanzar los admirables éxitos que han correspondido a la teoría cinética del calor, la cual parte de las nociones de la existencia de movimientos desordenados de las partículas de la substancia como *causa* de los fenómenos térmicos. En su obra, Lenin puso de relieve la naturaleza del fenomenismo, y demostró que no existe un abismo infranqueable entre el fenómeno y la esencia. El raciocinio humano es capaz de conocer la esencia de los fenómenos, es capaz de pasar de una esencia a otra más profunda. La mejor demostración de esto nos la da la experiencia práctica de la humanidad, la actividad productiva de los hombres.

2. EL ESPIRITU DIALECTICO DE LA NUEVA FISICA Y EL IDEALISMO "FISICO"

El libro de Lenin "Materialismo y empiriocriticismo" puso al descubierto las raíces gnoseológicas y sociales del idealismo "físico". La obra nos ofrece una crítica profunda de esta tendencia. Junto con esto, en ella se señala la única salida posible de la crisis por que pasaba la física en los umbrales de nuestro siglo.

Esta salida consistía en superar la limitación metafísica, mecanicista, en que los físicos asimilasen la concepción del mundo y el método de conocimiento del materialismo dialéctico.

En la sociedad actual, lo mismo que hace dos mil años, luchan en la filosofía dos partidos que, en fin de cuentas,

expresan los intereses de dos clases enemigas. Los físicos, por su condición de hombres de ciencia, deben asimilar el principio del espíritu de partido en la filosofía, colocarse conscientemente al lado de la filosofía de la única clase progresiva, del proletariado. Desde las posiciones del materialismo dialéctico, forma moderna y científicamente consecuente del materialismo, deben generalizar los resultados de su ciencia. Desde estas posiciones, deben enfocar la estimación de las nuevas nociones e hipótesis, elegir el camino entre las diversas direcciones posibles de la investigación ulterior.

Saturado de un optimismo inconmovible, Lenin estaba seguro de que la física y las ciencias naturales en su totalidad superarían indefectiblemente la crisis: desde el materialismo metafísico, que conduce al idealismo, la física ha de pasar al materialismo dialéctico. Pero Lenin advertía que este proceso de transición es un parto doloroso. Se efectúa espontáneamente, en zig-zag. Y así ha sucedido.

Ya después de haber salido a luz el libro de Lenin, la física se enriqueció con numerosísimos y grandes descubrimientos. Éstos aceleraron aun más el arrinconamiento de las viejas nociones que, cuando los físicos ignoraban el materialismo dialéctico, hacían posibles las tergiversaciones idealistas. A esto hay que agregar que en las condiciones del imperialismo esta posibilidad se transforma en realidad para la mayor parte de los físicos.

El carácter aparentemente paradojal de la teoría de la relatividad

Hacia el año 1916, Einstein dio por terminada su teoría general de la relatividad. Esta teoría condujo a una revisión aun más radical de las antiguas nociones de la física sobre el espacio, el tiempo, el movimiento, la masa y la gravitación, que la provocada por la teoría especial de la relatividad.

La teoría general de la relatividad fue confirmada experimentalmente y halló una extensa aplicación en la

cosmología. No obstante, de ella se deduce que las propiedades del espacio-tiempo, de su *geometría,* dependen de la distribución de la substancia en éste.

En las proximidades de los cuerpos de gran masa, el espacio-tiempo se "deforma", es decir, las propiedades geométricas del espacio-tiempo ya no siguen allí la geometría de Euclides. Junto con esto, las propiedades geométricas del espacio-tiempo determinan el movimiento de las masas que originan el campo de gravitación. Los idealistas "físicos" interpretaban la teoría de la relatividad como si las distancias y los intervalos de tiempo, lo mismo que las masas de los cuerpos, carecieran de sentido objetivo, como si estuviesen totalmente determinados por el método empleado en la medición y fueran, por lo tanto, subjetivos. Tergiversando la relación que liga la masa y la energía, $E = mc^2$, dieron en hablar de la transformación de la materia en movimiento, resucitando de este modo el energetismo idealista.

La revolución provocada en los conceptos por la teoría cuántica

Las hipótesis cuánticas originaron una perturbación no menor en los conceptos físicos. Ya en 1900, el físico alemán Planck introdujo la noción de emisión y absorción *discontinua* de la energía que se producen por múltiplos enteros de porciones —*cuantos*— que no admiten un ulterior fraccionamiento. El desarrollo de esta idea transformó por completo la física del microcosmo.

En 1927, el físico alemán Heisenberg descubrió que una micropartícula no posee simultáneamente una posición exacta en el espacio, determinada por las coordenadas q, y una magnitud exacta del impulso p (el impulso de una partícula es el producto de su masa m por su velocidad v); el producto de las desviaciones Δq y Δp de las magnitudes q y p respecto a sus valores medios en un estado dado no puede ser superior a cierta constante $\frac{h}{4\pi}$, aun cuando ésta sea una magnitud infinitamente pequeña.

Aquí, $h = 6{,}6 \cdot 10^{-27}$ erg./seg.; es la llamada *constante de Planck*, que, junto con la velocidad c de la luz en el vacío, es una de las más importantes constantes universales de la física moderna.

La relación de indeterminación:

$$\Delta q \Delta p \geqq \frac{h}{4\pi}$$

proviene de que los microobjetos no son simplemente partículas semejantes a bolitas en extremo pequeñas. Ellos poseen una *doble* naturaleza, se manifiestan simultáneamente como partículas de substancia y campo, ondas, y formas corpusculares (discontinuas) y continuas de la existencia de la materia. Debido a esto, precisamente, no se puede sin alteración trasladar a los microobjetos nociones como la posición de un punto en el espacio en un instante de tiempo determinado, la magnitud exacta del impulso, la trayectoria mecánica y otras.

Esto mismo se refiere también a la hipótesis ondulatoria de los microobjetos bajo la forma del llamado "paquete de ondas" (es decir, grupo de ondas). Para éste, la relación de indeterminación dice que la indeterminación del tiempo Δt, durante el cual el paquete se traslada en el espacio a una distancia del orden de sus dimensiones, está ligada a la indeterminación de la energía ΔE de este microobjeto por la relación:

$$\Delta t \Delta E \approx h$$

Los idealistas "físicos" interpretaban estas relaciones ya en el sentido de que las micropartículas poseen una posición y velocidad determinadas que en principio no podemos estimar, o bien, en el sentido de que las características de las micropartículas dependen del modo en que las mide el microinstrumento empleado, mientras que si no se las mide no existen. Y por cuanto muchas de las características de los microobjetos se estiman sólo estadís-

ticamente, como magnitudes medias, deducidas de las observaciones realizadas con un gran número de estos objetos, los idealistas "físicos" llegaron a la conclusión siguiente: la estadística se basa en la probabilidad y ésta es la medida de la esperanza matemática, la medida del conocimiento, es decir, un concepto puramente subjetivo; por lo tanto, las leyes de la física cuántica no expresan nada objetivamente existente.

La suerte nada envidiable del idealismo "físico"

Aun en la actualidad, el idealismo "físico" continúa atacando ininterrumpidamente al materialismo. Es más, a cada nueva conquista de la ciencia, los métodos del idealismo "físico" se hacen más refinados, sinuosos. Y junto con esto, los idealistas "físicos" adoptan tendencias cada vez más "derechistas".

Cuando se escribió "Materialismo y empiriocriticismo", la tendencia filosófica que imperaba entre los idealistas "físicos" era el positivismo, el machismo. Aquéllos se hacían pasar por seres que se hallaban por "encima", tanto del materialismo como del idealismo, y se enfadaban cuando Lenin les acusaba de obscurantismo. Ahora en cambio, entre una parte de ellos se observa un giro hacia el *idealismo objetivo*, hacia el fideísmo abierto, hacia la religión. Según podremos comprobar, este viraje está determinado gnoseológicamente por el progreso mismo de la ciencia, mientras que sus raíces sociales estriban en la derrota irremediable que ha sufrido el sistema capitalista, al perder para siempre su anterior situación monopolizadora.

En esto reside, en fin de cuentas, la causa de que en ayuda de los ideólogos profesionales en bancarrota del imperialismo, de los profesores de filosofía burgueses, se movilicen ahora los revisionistas de la última hornada. Éstos intentan descomponer el movimiento obrero desde dentro, tergiversan su doctrina de lucha, el marxismo-leninismo, sin hacer ascos para ello al idealismo "físico".

El idealismo "físico" es duro de pelar, por lo que la

lucha para contrarrestarle no puede interrumpirse. Únicamente cuando en toda la Tierra haya triunfado la sociedad comunista sin clases dejará de existir terreno abonado para el idealismo como sistema conceptual. Pero aun entonces pueden darse errores idealistas aislados. En efecto, según señalaba Lenin, éstos proceden del carácter rectilíneo de la metafísica, del salto que inevitablemente da el pensamiento durante el proceso del conocimiento al elevarse de lo concreto a lo abstracto. Surgen también debido a que la misma ciencia, al resolver unos problemas, plantea al mismo tiempo otros nuevos, cuya solución exige frecuentemente un largo período de tiempo. Estos "secretos de la naturaleza" aun sin descubrir se convierten en fuente de fantasías idealistas.

Aun en la sociedad comunista absoluta continuará, claro está, la lucha de las diversas escuelas y opiniones científicas y serán posibles errores metafísicos o idealistas aislados. Sin embargo, entonces no existirán las condiciones sociales que durante el capitalismo convierten, por sí solas, el idealismo y el agnosticismo de posibilidad en realidad.

Después que el régimen comunista haya vencido y se haya afianzado definitivamente en todo el mundo, habrán de pasar posiblemente varias generaciones hasta que, gracias a la educación, desaparezcan por completo las supervivencias ideológicas. Luego, la afinidad por el idealismo filosófico, lo mismo que por la religión, así como la tendencia a observar una conducta antisocial se darán únicamente como un fenómeno patológico, como un síntoma monstruoso de atavismo.

El historicismo aplicado a la comprensión de la crisis de la física

Pero cualesquiera que sean las "conclusiones" reaccionarias que intenten sacar ciertos científicos burgueses de nuestra física contemporánea, no existe fundamento alguno que permita afirmar que la crisis de las ciencias natu-

rales, cuyo análisis realizó Lenin de modo tan exhaustivo, continúe en la actualidad.

En 1922, en su artículo filosófico y programático "Sobre el significado del materialismo militante", Lenin escribía acerca de la intensa transformación que estaban sufriendo las ciencias naturales contemporáneas, sobre la nueva revolución en el sector de las ciencias naturales, y hacía ver que esto daba lugar a que surgiesen a cada paso escuelas y tendencias filosóficas reaccionarias. Pero en aquel entonces, Lenin no se refirió a crisis alguna de las ciencias naturales, a crisis alguna de la física. El idealismo "físico" continuaba viviendo como un parásito de la ciencia, pero ésta había logrado salir de la crisis provocada por la transición al microcosmo.

Es evidente que en la física ha habido y habrá grandes transformaciones revolucionarias, ligadas a la penetración de nuestro conocimiento en un mundo desconocido hasta el presente, por ejemplo, en la estructura de las partículas elementales o más allá de los límites de la metagalaxia. Sin embargo, esto no significa que cada revolución que se produzca en la física deberá ir necesariamente acompañada de una crisis.

No cabe la menor duda de que hoy tanto el estado de la sociedad como el de la ciencia, se diferencian radicalmente de lo que eran hace medio siglo. Desde el instante en que en Rusia triunfó la revolución socialista, las ciencias naturales entraron en un nuevo período de su desarrollo —en el *período del materialismo dialéctico*. Los naturalistas soviéticos, y junto con ellos también los científicos de los países de democracia popular, aplican cada vez más extensa y consecuentemente el método dialéctico materialista en la ciencia. Y si se considera que la crisis de la física continúa porque todavía ahora el idealismo intenta seguir viviendo como un parásito de sus triunfos y dificultades, habría entonces que reconocer que esta crisis se inició el mismo dia en que nació la física y ha continuado en el transcurso de todos los siglos.

Pero la realidad es que la causa de la crisis se debió

al *salto*, que no volverá a repetirse, dado por el conocimiento humano al pasar del macro al microcosmo. Los científicos que no habían asimilado la dialéctica no pudieron comprender correctamente la relación entre el papel de los sentidos y el del raciocinio en el conocimiento. Al enfrentarse con las "singulares" propiedades de los microobjetos, que no pueden ser percibidas por nuestros sentidos, pero que, a pesar de todo, eran conocidas por la razón abstracta, quedaron totalmente desorientados. Se engañaron a sí mismos, cayendo en la petulancia de querer hacer creer a los demás que el raciocinio del hombre, o bien, un espíritu universal, un dios, había creado la naturaleza. Y entonces pregonaron a todos los vientos la crisis de la física, el derrumbamiento total de sus principios, hablaron de las ruinas en que estos principios se habían convertido. Y esto era en efecto una crisis, ya que las viejas nociones se habían derrumbado y las nuevas, llamadas a sustituir a aquéllas, todavía no habían sido creadas.

Pero, gradualmente, los físicos fueron asimilando los nuevos e insólitos conceptos de las dos teorías fundamentales de la física moderna: la teoría de la relatividad y la teoría cuántica. Y lo que es más importante, merced precisamente a estas teorías se acostumbraron a la idea, extraña a la física clásica, de que al penetrar mediante nuevos medios experimentales en el sector de fenómenos de escalas cuantitativamente distintas, podemos hallarnos ante conceptos y leyes físicas *cualitativamente nuevas*. Por eso, a pesar de que ahora no son pocos los físicos burgueses que, como antes, se inclinan hacia el idealismo y de que, como anteriormente, hay en la física bastantes problemas sin resolver, no existe crisis en ésta.

Las tesis de Lenin deben ser aplicadas en forma creadora

Hemos considerado con bastante amplitud esta cuestión. Ella nos ayudará a comprender de qué modo se deben y cómo no hay que aplicar las tesis de Lenin a los demás problemas filosóficos de la física actual. Lenin cri-

ticaba a Pléjanov porque al analizar el machismo ignoró su conexión con la física. Lenin escribía que esto significa "...burlarse del espíritu del materialismo dialéctico, es decir, sacrificar el método de Engels a la letra de Engels"[1]. Y Lenin manifestaba sin lugar a dudas que "...la revisión de la «forma» del materialismo de Engels, la revisión de sus tesis de filosofía natural no sólo no tiene nada de «revisionismo» en el sentido consagrado de la palabra, sino que, por el contrario, necesariamente la exige el marxismo"[2]. Esto es necesario, aclaraba Lenin, porque como señalaba ya Engels en 1886 en su obra "Ludwig Feuerbach y el fin de la filosofía clásica alemana", "...la forma del materialismo tiene inevitablemente que modificarse con todo descubrimiento que haga época incluso en el terreno de las ciencias naturales" (sin hablar ya de la historia de la humanidad — apunta Lenin)[3].

Esta revisión necesaria de ciertas tesis del marxismo que se han hecho viejas, deben realizarla los marxistas, según indica Lenin, de modo que "...en forma abierta, directa, resuelta y clara «queden saldadas las cuentas» con las concepciones que se abandonan". En lugar de hacer esto, los revisionistas renuncian a los puntos de vista básicos del marxismo. Ellos encubren su deserción con infinitos subterfugios, adulteran la *esencia* del materialismo bajo la apariencia de la crítica de su *forma*. Sin embargo, lo que en realidad hacen es adoptar las tesis principales de la filosofía burguesa reaccionaria.

Estas indicaciones leninistas, que él mismo aplicó consecuentemente a las manifestaciones de Marx y Engels, deberán ser nuestra guía al estudiar los principales problemas filosóficos de la actualidad, incluidos también los de las ciencias naturales contemporáneas. Y es precisamente al espíritu de "Materialismo y empiriocriticismo" de Lenin y no a su letra al que procuraremos atenernos al

---

(1) *V. I. Lenin*, "Materialismo y empiriocriticismo", página 277, Ediciones Pueblos Unidos, Montevideo, 1959.
(2) *Ibídem*, pág. 278.
(3) *Ibídem*, págs. 277-278.

analizar los problemas filosóficos que ha planteado la novísima física con sus admirables descubrimientos.

Los "tres mundos" de la física contemporánea

Lo más característico de la física moderna consiste en que se halla ligada a tres mundos distintos, cada uno de los cuales se encuentra supeditado a sus propias leyes específicas.

Al estudiar la naturaleza, el hombre contaba en un principio solamente con sus manos y sus órganos sensoriales. De aquí que, inicialmente, ante él se abriese únicamente el mundo de medidas proporcionales a su cuerpo: el *macrocosmo,* en el que las longitudes se miden en centímetros o kilómetros; el tiempo, en segundos o en años, y la velocidad, en metros por segundo. A este mundo, percibido a simple vista, le son propias ciertas leyes especiales. En líneas generales, se trata de las leyes de la mecánica y de la óptica elementales cuyas manifestaciones específicas fueron las primeras que el hombre comenzó a estudiar.

Pero el progreso de la técnica permitió al hombre superar los límites de este mundo. Y dirigió sus investigaciones en dos sentidos diametralmente opuestos. Por una parte, el hombre aprendió a estimar longitudes del orden de una billonésima de centímetro y, por otra, a medir longitudes del orden de un billón de kilómetros. El hombre aprendió a calcular una billonésima de segundo y, al mismo tiempo, a tener en cuenta intervalos de tiempo de miles de millones de años, aprendió a distinguir velocidades millones de veces más pequeñas que la velocidad del caracol y otras que superan en muchos millones a la de un avión.

Puede decirse que la actividad cotidiana del hombre se halla situada casi en el centro de estos dos mundos: el de los electrones —*microcosmo*— y el de las nebulosas más allá de la galaxia —*megacosmo.*

El fragmento mínimo de substancia que el hombre

puede percibir con sus órganos de los sentidos, que puede manejar sin dispositivos especiales está formado por trillones de partículas. Y si hacemos referencia a la otra faceta, vemos que nuestro planeta se compone de trillones de fragmentos de substancia del tamaño máximo que el hombre es capaz de mover sin emplear mecanismo alguno.

La ampliación de los límites del conocimiento

Así, pues, merced a la marcha incontenible del trabajo humano, cuya máxima encarnación es la ciencia, el mundo material que nos rodea se va descubriendo cada vez más ampliamente ante los ojos de la humanidad.

Arquímedes, el matemático y mecánico más relevante de la antigua Grecia, calculó en su obra "Psamita" ("Cálculo de los granitos de arena") que el universo, cuyo diámetro él consideró igual a 10^{10} estadios, es decir, del orden de 10^{14} cm., contiene 10^{63} granitos. Para nosotros, los hombres de la segunda mitad del siglo XX, el límite de las distancias en la zona que conocemos del megacosmo es de miles de millones de años de luz, o sea, de $2 \cdot 10^{27}$ cm., tan alejadas se hallan de nosotros las nebulosas de más allá de la galaxia cuya observación es todavía posible. Por otra parte, el límite de nuestra penetración en el microcosmo está dado por distancias del orden de 10^{-13} cm. Por consiguiente, la relación de los volúmenes del mega y microcosmo conocidos es en la actualidad de 10^{120}, lo que supera en 10^{57} la relación obtenida por Arquímedes. ¡He aquí cómo se han extendido en 2200 años los límites de nuestras nociones acerca de la estructura de la materia! En la fig. 7 se muestra esto gráficamente; cada una de las divisiones de la escala de este dibujo representa una distancia espacial mil veces mayor que la contigua de la izquierda. El segmento superior corresponde al intervalo de las construcciones especulativas que se dan en el "Psamita" de Arquímedes; el inferior, a los datos empíricos de nuestra época.

Pero el poderío, en incesante aumento, del hombre

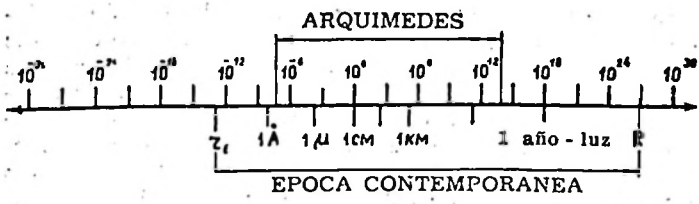


Fig. 7. — Extensión del conocimiento en el transcurso del tiempo desde Arquímedes hasta nuestros días.

El radio del electrón se ha representado por r_e y el de la Metagalaxia por R.

sobre la naturaleza, que ha descubierto ante él nuevos mundos, se expresa además en grado incomparablemente mayor que en el conocimiento de la naturaleza, en la transformación de ésta. La naturaleza no satisface al hombre y éste la transforma. El gran reformador de la naturaleza —el trabajo productivo— durante luengas decenas de miles de años sirvió únicamente para satisfacer las necesidades materiales directas del hombre. Pero éste logró en fin de cuentas crear lo que no hallaba, no sólo a su alrededor, sino también en el micro y en el megacosmo. Al profundizar cada vez más en los fenómenos de la naturaleza, el hombre ha creado variedades artificiales de los elementos y combinaciones químicas, átomos y procesos nucleares artificiales, así como también cuerpos celestes —los satélites, planetas y cometas artificiales. La técnica, el medio artificial que el hombre ha colocado en el mundo que le es directamente accesible entre la sociedad y la naturaleza, ha comenzado a emplearla también en el mundo de los electrones y en el de las estrellas.

La singularidad cualitativa de los "mundos" de la física

No obstante, estos tres mundos se diferencian entre sí no sólo cuantitativamente, por sus dimensiones. La naturaleza, según expresó acertadamente el físico materialista dialéctico francés Langevin, no se parece al conoci-

do juguete ruso compuesto por figuritas huecas de madera, de igual forma, que se introducen unas dentro de otras y se diferencian solamente por su magnitud. El caso es que la naturaleza no está construida de modo que la transición de un mundo a otro vaya acompañada únicamente de una disminución de las dimensiones. Al pasar del macrocosmo al microcosmo o también al megacosmo, varían de un salto muchas de las nociones y de las leyes físicas fundamentales a las que estos mundos se hallan sometidos. El otro salto cuantitativo de este tipo se produce durante la transición del mundo atómico al mundo "interno" de las partículas elementales, de distancias inferiores a 10^{-13} cm. e intervalos de tiempo menores de 10^{-24} seg. Los medios experimentales actuales han alcanzado precisamente este umbral, pero, por ahora, no permiten penetrar en este mundo.

Sin embargo, el pensamiento teórico ha tentado ya el umbral incomparablemente más lejano de un nuevo escalón cualitativo de la estructura de la materia. Según ha señalado Einstein, la gravitación, que es para nosotros el fenómeno más cotidiano, pese a lo cual su esencia no ha sido todavía descubierta, debe, de modo semejante a los demás campos físicos, estar ligada a ciertas partículas. Pero estas partículas hipotéticas, llamadas gravitones, deberán, si es que existen, poseer una extensión del orden de 10^{-56} cm., el llamado radio gravitatorio del electrón.

Si, por el contrario, avanzamos en sentido opuesto, es decir, "hacia el exterior" o "hacia arriba", ya ahora se puede afirmar que a distancias iguales o hasta inferiores al radio de la zona del universo que conocemos, y que según hemos indicado anteriormente es igual a $2 \cdot 10^{27}$ cm., comienza un nuevo salto cualitativo, detrás del cual, las propiedades del mundo son distintas de las que conocemos. Así, pues, en cada uno de los escalones graduales de la estructura de la materia, el espacio, tiempo, movimiento e interconexión de los fenómenos poseen peculiaridades desusadas, "extrañas" para nosotros.

No obstante, esto no significa que la naturaleza esté desmembrada en diversos mundos aislados que no tienen entre sí conexión alguna. La realidad es que la naturaleza, el universo, todo el mundo representa en sí una unidad indisoluble. El mundo es material y la materia se halla en continuo movimiento. El que las leyes de la mecánica, la física y la química, descubiertas en las condiciones que se dan en la Tierra, sean también ciertas para las zonas extraordinariamente alejadas del universo es una brillante confirmación de la unidad material de la naturaleza. Así, el estudio del movimiento de las estrellas dobles ha demostrado que la ley de la gravitación de Newton se cumple en todos estos cuerpos que se encuentran a enormes distancias del sistema solar. El análisis espectral ha puesto de manifiesto que la composición química de las estrellas y el Sol es similar; constan de los mismos elementos del sistema de Mendeléiev, el que estaba basado en los conocimientos adquiridos acerca de la Tierra. Hace poco, en las atmósferas de ciertas estrellas se descubrió el elemento *tecnecio*, cuya existencia fue prevista por Mendeléiev, pero que, en la actualidad, no se da en la Tierra en condiciones naturales y sólo se logró obtener artificialmente en 1937. La fuente de energía del Sol y las estrellas reside en las mismas reacciones termonucleares que se estudian ahora en los laboratorios.

Las formaciones estructurales inagotables de la materia cambian incesantemente y se trasmutan recíprocamente. El espacio y el tiempo, las dos formas de la existencia de la materia, inherentes a todos sus grados cualitativos, son inseparables tanto entre sí como de la materia, están en contradición interna al ser al mismo tiempo continuas y discontinuas. Ésta su unidad contradictoria es precisamente el movimiento material. Cualquier proceso material está condicionado a otros procesos materiales y él mismo determina otros; las conexiones, dependencias recíprocas, interacciones de la materia forman una red de trama infinita.

Las leyes principales de cada sector distinto, cualitativamente aislado, de cada grado especial son peculiares, inherentes a él solo. Pero todos estos mundos se hallan supeditados a leyes generales que expresan esta unidad, material y dialéctica al mismo tiempo, del mundo. Estas leyes encuentran su representación parcial en las leyes físicas de la conservación. Las leyes específicas a las que, cada uno a su manera, están supeditados el macro, el micro y el megacosmo deben ser por esto consideradas solamente como manifestaciones de una ley general única. Esta ley pone de relieve en cada uno de ellos, lo mismo que en todos los demás, sus diversas facetas.

Para que esta idea sea más comprensible utilizaremos una comparación. Tanto una pluma como una piedra se hallan supeditadas a las mismas leyes durante su caída: a la ley de la gravedad y a la ley de la resistencia del aire. A pesar de ello, si se repite el experimento de Galileo con la pluma y la piedra y se dejan caer al mismo tiempo desde la famosa torre inclinada de Pisa, veremos que la pluma descenderá de un modo distinto a como cae la piedra. Pero esto no sucede así porque la pluma y la piedra estén sometidas a leyes diferentes. No, lo que sucede es que durante el descenso de la pluma la fuerza de la gravedad es ínfima en comparación con la resistencia del aire. En cambio, cuando una piedra cae desde esa altura (unos 55 mts.), la resistencia del aire es pequeña en comparación con la fuerza de la gravedad. Por lo tanto, aquí, en cada uno de ambos casos, existe una ley única del movimiento, que abarca tanto a la ley de la gravitación como a la de la resistencia del aire, pero que manifiesta sus diversas facetas.

Del mismo modo se debe abordar el problema de la acción de la ley única en los diversos "mundos", en los diversos grados estructurales de la materia.

La idea de que las leyes de la física, y no sólo de la física, sino también de la geometría (y la geometría puede ser considerada como un caso extremo de la física, en el que nos abstraemos de todas las cualidades de los cuer-

pos materiales, conservando únicamente su extensión), puedan ser distintas en los diversos mundos, en diferentes escalas, esta idea audaz, repetimos, fue lanzada por primera vez por el geómetra ruso N. I. Lobachevski. En 1829, en sus "Principios de geometría", escribía que "...en nuestra mente no puede haber contradicción alguna cuando admitimos que ciertas fuerzas de la naturaleza siguen una geometría especial propia". Y en 1835, en sus "Nuevos principios de geometría", Lobachevski, desarrollando su idea, escribía que la desviación de las leyes respecto a las nociones corrientes se produce "...ora fuera de los límites del mundo visible", es decir, en las escalas cósmicas, estelares, ora "...en la apretada esfera de las atracciones moleculares", o, empleando la terminología actual, en el mundo de los átomos y los electrones.

Esta genial conjetura de Lobachevski, dada a conocer 130 años atrás, parecía, incluso a comienzos de nuestro siglo, una fantasía completa. Pero ahora, se ha convertido en una conquista irrefutable de la ciencia. La importancia de este hecho, a saber, que la física opera con distintos mundos en los que imperan leyes diferentes, es enorme para la filosofía.

La jerarquía de las formas del movimiento

No sólo son inagotables las formas de la materia, sino que lo son también las formas de su movimiento a ellas ligadas. Y todas ellas componen una jerarquía, una cadena infinita. Según es sabido, Engels clasificó las formas del movimiento material ligadas entre sí y transformables unas en otras. Según Engels, la clasificación comienza a partir del movimiento mecánico, como la primera o la forma más simple del movimiento. De aquí pasa al movimiento físico: térmico y electromagnético, luego al químico y finalmente al biológico. Junto con esto, cada una de las formas superiores del movimiento abarca a las inferiores, pero, sin embargo, no llega a reducirse a éstas.

Pero ahora, tenemos que reconocer que el movimien-

to mecánico corriente de los cuerpos macroscópicos no es, por así decirlo, la forma inicial del movimiento. Es más "elevado" que el movimiento de las micropartículas, puesto que son precisamente estas últimas las que sirven de base al movimiento de los macrocuerpos. Lenin escribía que el materialismo dialéctico "...insiste sobre la ausencia de líneas absolutas de demarcación en la naturaleza, sobre la transformación de la materia en movimiento de un estado en otro, que, desde nuestro punto de vista, nos parece inconciliable con el primero"[1]. El movimiento mecánico tampoco es una línea de demarcación absoluta, no es el primero, el peldaño inicial de la escala de las formas del movimiento. Este peldaño inicial no existe en modo alguno. La materia es inagotable también en el sentido de la cadena infinita de las formas del movimiento: infinita tanto en dirección "hacia arriba" como "hacia abajo", hacia el movimiento intraatómico, de las partículas elementales, etc.

La cadena infinita de las formas del movimiento de la materia no es sólo lo que tiene lugar ahora aquí, en un cuerpo dado, en un instante dado, y, con tanta más razón, no es sólo un esquema abstracto, lógico, matemático. Todas estas formas del movimiento, supeditadas unas a otras, son diversos escalones de la evolución histórica.

Hubo un tiempo en que en la zona que conocemos del universo no sólo no existía materia altamente organizada, poseedora de conciencia, sino que tampoco existía la vida en general. Pero, posiblemente, hubo un tiempo incomparablemente más remoto en que aquí tampoco existían moléculas, átomos, macrocuerpos: la materia se hallaba aquí entonces en su estado "premecánico". En la astrofísica moderna se ha propuesto una hipótesis acerca de la existencia de enormes zonas en las que la materia se halla en estado de "gas fotónico". En estas zonas se produce el nacimiento de partículas elementales, surge el movimiento mecánico, térmico y electromagnético. Todo esto es uno de

(1) *V. I. Lenin*, "Materialismo y empiriocriticismo", página 289, Ediciones Pueblos Unidos, Montevideo, 1959.

los eslabones de la renovación eterna de la materia en movimiento.

Una vez comprendido que el movimiento mecánico es simple sólo desde el punto de vista de nuestras macronociones hemos dado un paso importante para conocer más profundamente la realidad material. El hecho mismo de que seamos capaces de percibir el carácter asintótico[1] del desarrollo de nuestro conocimiento de las formas del movimiento es la mejor refutación del agnosticismo y del relativismo filosófico, puesto que el agnosticismo sustituye la fórmula correcta "nuestro conocimiento provisional no es absolutamente exacto" por la falsa "cualquier conocimiento es absolutamente inexacto". Por otra parte, el relativismo filosófico, en lugar de la fórmula correcta "nuestro conocimiento contiene un elemento relativo" nos ofrece por debajo de cuerda la falsa "el conocimiento es siempre únicamente relativo".

La "reducción"

El reconocer el micromovimiento como una forma específica del movimiento, radicalmente distinta del macromovimiento, no debe entenderse en modo alguno como un desligamiento del movimiento del microcosmo respecto a las demás formas del movimiento. La doctrina del materialismo dialéctico acerca de que toda forma superior del movimiento está necesariamente vinculada a las formas inferiores, aun cuando la existencia de formas secundarias no agota la esencia de la forma principal, no sólo se mantiene en vigor, sino que, basándose en el conocimiento del microcosmo, sigue su ulterior desarrollo. Las tentativas de reducir el conocimiento de las formas superiores del movimiento al de las inferiores, de negar el carácter específico de las formas superiores del movimiento son anticientíficas. Conducen al mecanicismo, a la meta-

(1) "Asintótico" significa que el conocimiento se aproxima infinitamente en su desarrollo a la verdad, pero, no obstante, nunca llega a dominarla por completo.

física. Pero, asimismo, los intentos, bajo la máscara de la lucha contra la "reducción", de desligarse del estudio de estas formas inferiores (puesto que son "secundarias", que las estudien otros) son también anticientíficos. Conducen al fenomenismo, al agnosticismo.

La unidad del mundo consiste, por consiguiente, tanto en la unidad de las formas del movimiento de la materia, en su transformación recíproca continua, como en la perenne creación de formas superiores del movimiento a partir de las inferiores y en la perenne destrucción de las formas superiores, en su transformación en inferiores. Este proceso dirigido en ambos sentidos, inagotable tanto en lo que respecta a las formas estructurales de la materia: partículas elementales, átomos, moléculas, células, organismos, cuerpos celestes y sus sistemas, galaxias, etc., como en lo que atañe a la escala de las formas del movimiento, desprovista de principio y de fin, es precisamente el universo, la naturaleza, el cosmos.

El triunfo del materialismo dialéctico

Se ha hecho famoso el dicho de Engels de que la naturaleza es la piedra de toque de la dialéctica. Y, claro está, la naturaleza es, al mismo tiempo, la piedra de toque del materialismo. Los nuevos mundos descubiertos por la ciencia contemporánea, los mundos en que penetra el hombre con su trabajo creador, con su técnica, desmienten la doctrina especulativa acerca del apriorismo o del carácter innato del conocimiento. Desmienten el agnosticismo, doctrina según la cual el hombre no puede llegar a conocer nada que no sea la apariencia de las cosas, que percibe a través de sus sensaciones, como si la esencia de las cosas no estuviera al alcance del conocimiento. Refutan la doctrina idealista acerca de que el espacio, el tiempo, la causalidad y otras categorías son sólo la forma de la contemplación humana. Si estas formas —espacio, tiempo, causalidad, etc.— fuesen idénticas, tanto en el mundo de los electrones como en el de las nebulosas, se tendría, ciertamente,

que esto no diría nada a favor de su apriorismo, pero tampoco lo desmentiría. Mas en realidad, estas categorías que reflejan los fenómenos del macrocosmo no son valederas, tanto para el micro como para el megacosmo, sin modificarlas radicalmente. ¿Acaso se puede en estas condiciones hablar de su apriorismo?

Y por mucho que las nociones físicas y las leyes que rigen los diversos sistemas materiales de ordenación se diferencien de las que nos son usuales, todas estas leyes confirman plenamente la consistencia del materialismo dialéctico.

Marx y Engels pusieron los cimientos de la única filosofía científica —el materialismo dialéctico— mucho antes de que la física comenzase a estudiar el microcosmo. Hasta los últimos apuntes de la obra sobre la dialéctica de la naturaleza, iniciada por Engels en 1873, sin que, por desgracia, llegase a terminarla, se refieren al año 1886, es decir se escribieron nueve años antes de que se descubriesen los rayos X. Así, pues, Marx y Engels dedujeron el materialismo dialéctico basándose única y exclusivamente en los conocimientos físicos del macrocosmo. Lenin escribió "Materialismo y empiriocriticismo" después de haber sido publicadas las primeras monografías sobre la teoría cuántica y la teoría de la relatividad. Pero las nuevas ideas físicas no se habían manifestado todavía en toda su fuerza en las obras generalizadoras, filosóficas sobre todo, que Lenin podía consultar.

Lenin desarrolla y hace progresar la dialéctica materialista cuando la física estaba en crisis y en unas circunstancias que le impedían de todo punto utilizar ampliamente los conocimientos acerca del micro y megacosmo que la física comenzaba a acumular a un ritmo cada vez más acelerado.

Una grandiosa previsión

¿No es acaso un gran triunfo de la filosofía marxista el que sus leyes, surgidas como reflejo únicamente de las

leyes que rigen el macrocosmo, hayan sido confirmadas por los descubrimientos del micro y megacosmo a pesar de su carácter insólito, "asombroso"; el que estas leyes hayan resultado ser una imagen correcta de las leyes universales, más generales, más omnímodas de toda la realidad material?

Este grandioso triunfo de nuestra concepción del mundo y de nuestro método de conocimiento supera incomparablemente por su fuerza y amplitud a todos los ejemplos particulares de intuición científica, de por sí sorprendentes, de que está saturada la historia de las ciencias naturales, tales como la estimación realizada por el astrónomo francés Leverrier del emplazamiento del planeta Neptuno, hasta entonces desconocido, o la notable predicción, debida a Mendeléiev, de la existencia y propiedades de nuevos elementos químicos: el germanio, el galio y el escandio. Pero con el triunfo del genio humano, capaz de reflejar en la concepción científica del mundo la dialéctica de la naturaleza, sólo puede rivalizar la predicción del inevitable derrumbamiento del capitalismo, el triunfo de la revolución socialista y la victoria del comunismo como régimen social más elevado. Y esta predicción del desarrollo de la historia humana, confirmada con la construcción del comunismo en la URSS y la transición a la senda del socialismo de más de la tercera parte de la población de la Tierra, se debe de nuevo al marxismo. Lo mismo que en el sector de la naturaleza, se basa en el conocimiento de las leyes objetivas, refutando las invenciones idealistas que niegan el carácter objetivo de las leyes que rigen la naturaleza y la sociedad y, por lo tanto, la posibilidad de predecir el desarrollo futuro.

3. EL ESPACIO Y EL TIEMPO

Las concepciones del materialismo dialéctico sobre el espacio y el tiempo fueron expuestas por Lenin en el parágrafo 5 del capítulo III de "Materialismo y empiriocriticismo". En forma concisa y extractada estas concepcio-

nes vienen a reducirse a lo siguiente: en primer lugar, al reconocimiento incondicional de la realidad objetiva del espacio y el tiempo como condiciones fundamentales de la existencia material; en segundo lugar, al reconocimiento de la relatividad de nuestras nociones sobre el espacio y el tiempo, de las que se compone la verdad absoluta acerca del espacio y el tiempo; en tercer lugar, al reconocimiento de la mutabilidad, del desarrollo de nuestras ideas sobre el espacio y el tiempo; en cuarto lugar, al reconocimiento del espacio tridimensional como el único espacio material; en quinto lugar, al reconocimiento de la utilidad científica de los espacios imaginables de n dimensiones, de las analogías matemáticas del espacio material; en sexto lugar, al reconocimiento de que la concepción newtoniana del tiempo y del espacio absolutos es materialista, si el término "absoluto" se concibe gnoseológicamente.

Todas estas tesis de Lenin sobre el espacio y el tiempo se han visto confirmadas plena y absolutamente en el desarrollo de la física contemporánea, en la teoría de la relatividad, que expresa la dependencia de las propiedades del espacio y el tiempo respecto a la materia y a su movimiento.

La evolución de los conceptos de espacio y tiempo

Caractericemos brevemente la evolución de las nociones sobre el espacio y el tiempo. Sin adentrarnos muy lejos en la profundidad de los siglos se puede decir lo siguiente. Según el punto de vista de Newton, expuesto por él en el año 1687 en sus "Principios matemáticos de filosofía natural", el espacio no es sólo absoluto en el sentido filosófico, sino también en el físico. Esto significa que el espacio es invariable, estático, que sus propiedades no dependen de nada, incluso del tiempo; no dependen tampoco de los cuerpos materiales y de sus movimientos. Según Newton, el espacio es algo semejante a un cajón en el que se han introducido cuerpos materiales. Se pueden eliminar del espacio todos los cuerpos y, a pesar de ello, el es-

pacio continúa existiendo y sus propiedades se mantienen. Estos mismos puntos de vista tenía Newton acerca del tiempo: consideraba que el tiempo transcurre idénticamente en todo el universo, sin que su transcurso dependa de nada, por lo que la estimación del tiempo es absoluta.

Sin embargo, la física se vio obligada gradualmente a renunciar a estos puntos de vista. Esto se efectuó con extrema lentitud. Ya antes, en el año 1675, el astrónomo danés Römer había descubierto que la luz posee una velocidad finita, aun cuando muy grande. Este descubrimiento estaba llamado a desempeñar un papel importantísimo.

Además, según se puso más tarde en claro, la velocidad finita de la luz, independiente de la velocidad a que se mueve el manantial luminoso, pone de manifiesto que el espacio y el tiempo no pueden ser independientes el uno del otro; por el contrario, entre ellos existe una indisoluble conexión interna. A pesar de que el descubrimiento del carácter finito de la velocidad de la luz se produjo a finales del siglo XVII, sólo hace 50 años que la física ha comenzado a asimilar la noción de que el espacio y el tiempo, tomados por separado, son únicamente abstracciones desprovistas de existencia independiente. El concepto básico de la física actual es el del espacio-tiempo, de la indisoluble ligazón entre el espacio y el tiempo.

A partir de 1887, del experimento de los físicos norteamericanos Michelson y Morley, se han efectuado una gran cantidad de exactísimos experimentos. De ellos se deduce que es imposible verificar la marcha de un reloj por la de otro, si éste se mueve respecto al primero a una velocidad del orden de la de la luz. Cuando nos hallamos en la Plaza Roja nos es fácil verificar nuestro reloj por el de la Torre del Kremlin. Esto es debido a que nuestro reloj está en reposo respecto al reloj de la torre. Pero será imposible, pongamos por ejemplo, cotejar directamente un reloj terrestre con otro que se halle en un cohete fotónico del futuro: el hecho es que este cohete se moverá a una velocidad enorme, cercana a la de la luz, y para confrontar los relojes es imprescindible una señal luminosa o una

señal de radio (que también se propaga a la velocidad de la luz).

La aportación de la teoría de la relatividad

Los fracasos de las tentativas de efectuar una sincronización "directa" han demostrado que el espacio y el tiempo sólo se pueden considerar aisladamente cuando las velocidades son pequeñas. En la práctica, únicamente existen en su unidad indisoluble. A pesar de esto, la teoría especial de la relatividad que afirma esto no niega, ni mucho menos, la realidad objetiva tanto del espacio como del tiempo, pues niega solamente su existencia por separado. Con todo su carácter general, esta tesis se halla contenida en nuestra filosofía científica. El materialismo dialéctico enseña que el espacio y el tiempo son formas de existencia de la materia. No pueden ser separados de la materia y, por lo tanto, el uno del otro. La división del concepto espacio-tiempo en las nociones del espacio y del tiempo es sólo posible en la abstracción y únicamente tiene sentido respecto a cierto cuerpo en movimiento. Esto es similar al hecho de que la diferencia entre el lado derecho e izquierdo no existe en el espacio de por sí, sino únicamente en relación a un cuerpo cualquiera que se halle en él.

Para hacer más comprensible esta idea y, por otra parte, señalar los límites para los que, una vez superados, deja de ser cierta, utilizaremos la imagen propuesta por los científicos ingleses Eddington y Jeans, magníficos popularizadores de las nuevas ideas de la física y la astronomía, pero, al mismo tiempo y por desgracia, acérrimos propagandistas del idealismo. Imaginémonos unos seres batiales en un lugar cualquiera de las profundidades del océano, que posean la misma densidad que el medio acuático en que habitan. Admitamos, además, que estos seres imaginarios carezcan de los órganos que, análogamente a los canales semicirculares que existen en nuestro oído medio, permiten determinar la dirección en el espacio. Entonces, en su elemento acuático, estos seres desconocerán

lo que es "arriba" y "abajo" y, en general, cualquier dirección que se quiera resaltar, privilegiada. Bien es verdad que a pesar de todo, cada uno de estos seres poseerá una noción acerca de lo que está "arriba" y "abajo", pero sólo en relación con su propio dorso y vientre. Las ideas de "adelante" y "atrás" tendrán también solamente un carácter individual. La situación de un cuerpo cualquiera se determinará únicamente respecto a su cabeza o cola, si nos los imaginamos bajo el aspecto de peces. Pero si uno de estos seres se las arreglase para subir de algún modo a la superficie del océano, inmediatamente se modificarían en él todas las nociones espaciales. Aquí se habría terminado su medio habitual y aparecería la posibilidad de orientarse, de determinar lo de "encima" y lo de "abajo". Lo mismo sucedería si este ser alcanzase el fondo mismo del océano.

Una cosa similar sucede en la física moderna. La teoría de la relatividad se ha visto confirmada por infinidad de experimentos y conclusiones teóricas en este medio siglo que cuenta de existencia. Sirve de guía segura en la física atómica, durante la construcción de los potentes aceleradores de las partículas "elementales", de los gigantescos instrumentos del tipo de los ciclotrones, sincrofasotrones y otros, así como para calcular el balance energético de los procesos intraatómicos y nucleares. Ha pasado a ser parte orgánica de la física moderna. Las tentativas de refutarla son tan inútiles como las de lograr el "movimiento perpetuo". A pesar de esto, la zona de acción de la teoría de la relatividad no es ilimitada y, más adelante, volveremos a considerar la cuestión de los límites en que su aplicación es cierta.

Además de la tesis acerca de la unidad indisoluble del espacio y el tiempo, la teoría de la relatividad abarca también otras tesis importantes no sólo para la física, sino para la filosofía. En lugar de la simultaneidad absoluta que, según la entendía la física clásica, parece sernos dada por nuestra intuición; la teoría de la relatividad exige la simultaneidad determinada físicamente, o sea, que se in-

diquen los métodos mediante los cuales se estima. Se ha renunciado a los procesos "instantáneos", es decir, a los procesos que se producen a velocidad infinita.

Un golpe asestado al apriorismo

Además, la teoría de la relatividad llega a la conclusión de que las leyes de la física deben ser formuladas independientemente del movimiento de los instrumentos de medida, del "sistema de referencia" que utilice el experimentador, lo que implica un enfoque objetivo del proceso del conocimiento. Refutó la existencia de un espacio vacío "indiferente" a la materia, así como del "éter universal" —medio hipotético que, según aseguraban, poseía propiedades de los cuerpos sólidos tales como la elasticidad e incompresibilidad y, junto con esto, era imponderable y absolutamente penetrable— "portador" de campos electromagnéticos y gravitatorios. Rechazó también la existencia del tiempo que transcurre independientemente de la materia. Demostró que las propiedades geométricas de los cuerpos son propiedades físicas elementales, que la geometría misma depende de la materia. Bien es verdad que continuamos utilizando la expresión "la materia existe en el espacio y en el tiempo", pero su empleo es convencional, a sabiendas de que no hay espacio y tiempo vacíos, que son únicamente las formas de su existencia.

Todo esto asestó un golpe demoledor a la doctrina idealista de Kant y de sus seguidores contemporáneos sobre el apriorismo de las nociones geométricas, en el sentido de que son propias de la conciencia, independientemente de cualquier experiencia. La teoría de la relatividad ha eliminado de la física la mística acción a distancia, al señalar la conexión física entre la materia y el movimiento. Este rasgo de la teoría de la relatividad está perfectamente de acuerdo con el materialismo dialéctico, con sus tesis acerca de que la materia y el movimiento se hallan en íntima e indisoluble conexión. Esta misma tesis del materialismo dialéctico encuentra también su expresión en la

relación fundamental de Einstein que liga inseparablemente la masa y la energía, relación de extraordinaria importancia para la física experimental y teórica contemporánea en su conjunto.

La teoría de la relatividad mantiene inmutable el principio de la causalidad. Lo mismo que en la física clásica, todo fenómeno posee su causa necesaria y su efecto inevitable. No obstante, limita y concreta la causalidad.

Con relación a un cuerpo que se mueve a una velocidad del orden de la velocidad de la luz en el vacío, todos los sucesos se dividen en dos clases. Dentro de cada una de estas clases, dos sucesos cualesquiera pueden interactuar, entre ellos puede existir una relación de causa y efecto. Pero, entre dos sucesos, *A* y *B*, de los cuales el *A* pertenece a una clase y el *B* a otra, no puede existir interacción, dependencia causal alguna. Esto acontece cuando, por ejemplo, el suceso *B* tiene lugar antes de que al lugar en que acontece llegue una señal lumínica acerca del suceso *A*, procedente del sitio en que este último se produjo.

La teoría de la gravitación

Un éxito notable de la teoría de la relatividad (general) consiste en haber construido la teoría física de la gravitación. La ley de la gravitación de Newton describe únicamente los procesos de la gravitación mediante la fórmula:

$$F = K\frac{M_1 M_2}{R^2},$$

en donde, M_1 y M_2 son las masas de los cuerpos que gravitan; R, la distancia que los separa; F, la fuerza de la interacción entre ambos cuerpos y K, la constante de gravitación. Pero la fórmula no explica esta ley, no señala por qué es ésta precisamente y no otra. La teoría de la relatividad deduce esta ley a partir de planteamientos más generales, ligando indisolublemente el campo de gravita-

ción a la presencia de las masas. De este modo tiene lugar una penetración ulterior de nuestros conocimientos en la esencia de los fenómenos.

Sin embargo, acerca de la gravitación, fenómeno éste el más corriente, sabemos por ahora todavía muy poco. Excepción hecha de la ley de Newton y de su deducción a partir de la teoría de la relatividad, sólo sabemos que es imposible aislar cuerpo alguno de la gravitación (a diferencia de lo que sucede con el electromagnetismo), así como que los campos gravitatorios (a diferencia de los electromagnéticos) no interfieren, es decir, cuando se suman sólo pueden reforzarse unos a otros, pero no son capaces de debilitarse mutuamente. Se supone, pero por ahora no se ha logrado demostrarlo experimentalmente, que la gravitación se propaga a la velocidad de la luz, lo mismo que las ondas electromagnéticas. Pero todo esto no nos explica todavía la naturaleza de la gravitación, no nos permite regularla, someterla. Ante el investigador se abren aquí cautivadoras perspectivas.

Los subterfugios de los idealistas ante la teoría de la relatividad

Aun cuando, según señaló certeramente el mismo Einstein, la teoría de la relatividad podría ser llamada más exactamente "teoría de lo absoluto", puesto que formula las leyes físicas independientemente del movimiento de los instrumentos que emplea el experimentador, los filósofos y físicos idealistas se acogieron a ella para "fundamentar" pseudocientíficamente sus concepciones. Fueron precisamente los rasgos desusados, en contradicción con el "sentido común", de esta teoría los que más contribuyeron a este abuso que de ella se hizo. En su desarrollo, la ciencia acaba inevitablemente con las nociones corrientes de la vida cotidiana —que son precisamente las nociones del "sentido común"—, y crea nuevos conceptos, y éstos, hasta que no nos acostumbramos a ellos, nos parecen "singulares", "extraordinarios".

Así sucedió, por ejemplo, cuando los hombres descubrieron que la Tierra tiene forma de esfera y que, por consiguiente, existen los antípodas, gente que anda con la "cabeza hacia abajo". Pero ahora, esta noción no nos parece "extraña". Hasta nos es difícil comprender por qué en otros tiempos parecía así. El idealismo y la religión, entre los que no existe diferencia esencial alguna, ponen en estos sorprendentes descubrimientos del raciocinio humano no menos esperanzas que en las lagunas de nuestros conocimientos. Estas insuficiencias las interpretan en el sentido de que a la débil inteligencia humana no le es dado alcanzar los misterios del universo, que únicamente a Dios son accesibles (o al "espíritu absoluto") ¡Por otra parte, los novísimos adelantos de la ciencia que sorprenden la imaginación los utilizan como testimonio de que en el mundo existen fenómenos sobrenaturales, misteriosos, místicos y, por lo tanto, pueden ocurrir "milagros"! Hasta el lanzamiento del primer satélite soviético artificial de la Tierra se ha intentado utilizar para los fines propagandísticos del obscurantismo por los partidarios de la religión. La prensa papal escribía que puesto que los mortales han sabido crear un cuerpo celeste queda confirmado que Dios todopoderoso pudo con mucho mayor motivo crear el mundo en seis días.

Los idealistas han efectuado también una gran cantidad de hábiles trucos del pensamiento, similares a éste, con la teoría de la relatividad. Ciertos filósofos relativistas manejan con extrema "libertad" la teoría de la relatividad. Llegan hasta afirmar que demuestra que "todo en el mundo es solamente relativo", que no existe criterio alguno de la verdad, todo depende del punto de vista. Según hemos podido comprobar, la teoría de la relatividad no contiene nada que hable en favor de esta idea reaccionaria, que desearía reconciliar la verdad científica con la falsedad religiosa y, de paso, al proletariado con la burguesía.

Otros filósofos y físicos idealistas sustituyen las tesis materialistas de la teoría de la relatividad por las idealis-

tas. La tesis de que el espacio y el tiempo no son absolutos en el sentido *físico,* es decir, que dependen de la materia y el movimiento, la presentan estos intérpretes como que el espacio y el tiempo no son absolutos en el sentido *filosófico,* es decir, según ellos, dependen totalmente de nuestro conocimiento. Ellos convierten en una afirmación subjetiva la tesis de la teoría de la relatividad acerca de que las magnitudes de las distancias espaciales, de los intervalos de tiempo y de las masas de los cuerpos dependen de la velocidad relativa del movimiento de estos cuerpos. Según ellos, estas magnitudes dependen del método utilizado para su medición. Pero la realidad es que estas magnitudes no son relativas por medirse o no de modo distinto. Sucede precisamente lo contrario: se estiman de modo distinto por ser relativas.

Los idealistas quieren hacer pasar la teoría de la relatividad como una demostración de que la materia se puede reducir a movimiento. En este sentido interpretan, precisamente, tergiversándola, la relación de Einstein $E = mc^2$, que se conoce en la física con el nombre de "ley de la equivalencia de la masa y la energía". Al refutar esta tergiversación idealista, ciertos filósofos materialistas suelen frecuentemente perder de vista los cambios que han experimentado los conceptos de "masa" y "energía". Por eso, aun cuando señalan correctamente los burdos errores que los idealistas "físicos" cometen al tratar esta cuestión, los argumentos que emplean no son convincentes para los físicos. Se hace necesario, por lo tanto, empezar por dilucidar qué es lo que hay que entender por masa y energía y qué por la equivalencia de éstas.

La masa

Inicialmente, en la física clásica se entendía por masa la medida de la cantidad de substancia, mientras que por "energía" se comprendía la medida del movimiento, común a todas sus formas: mecánica, térmica, electromagnética, etc. Entonces, de la ley de la equivalencia, es de-

cir, de la paridad de la masa y la energía se deduce que la substancia y el movimiento son equivalentes. Basta con dar un paso más (y los idealistas "físicos" precisamente lo dan); basta con sustituir la noción de "substancia" por la de "materia", y el energetismo, que Lenin derrotó, parece comenzar de nuevo a rehacerse: la materia se transforma en movimiento y éste en materia. Pero hablar de la transformación del movimiento en materia equivale a afirmar que "el color", "la dulzura" y "la redondez" de una manzana se pueden transformar en la manzana misma. A estos razonamientos idealistas se puede oponer la justa objeción de que la materia —realidad objetiva que existe fuera e independientemente de la conciencia— no se transforma en realidad en nada: la materia ni se crea ni se destruye. Lo único que se transforma son unas *formas* de la materia en otras. La substancia es sólo una de las variedades cualitativas conocidas de la materia, del mismo modo que el campo (llamado también radiación) es otra variedad cualitativa conocida de la materia. La inadmisible confusión de los conceptos de "substancia" y "materia" se puede en parte explicar (pero no justificar) por el hecho de que en ciertos idiomas (en inglés y en francés, por ejemplo) no existen dos términos distintos para nombrar estos conceptos.

Pero a esta objeción se añaden frecuentemente otras que distan mucho de ser tan fundadas como aquélla. Suele decirse que la "masa" y la "energía" no pueden ser equivalentes por poseer distintas dimensiones: la masa se mide en gramos y la energía en ergios (es decir, en unidades $g \cdot cm^2 \cdot seg^2$). Pero la dimensión de las unidades físicas muestra la conexión de una magnitud física dada respecto a otras tomadas como base del sistema de unidades. Sin embargo, este sistema se puede elegir de modo que el factor c^2 en la fórmula $E = mc^2$ sea igual a la unidad. De este modo, aun cuando la masa y la energía no sean idénticas, en cierto sentido forman un todo único. O dicho de otro modo, la masa puede ser considerada como una forma especial de la energía.

La concatenación de los conceptos de masa y energía —importantísimas formas estructurales de la materia, las más características de todas— es una de las peculiaridades que distinguen la física contemporánea de la clásica. La masa, que ha dejado de ser considerada simplemente como medida de la cantidad de substancia, no ha podido conservar siquiera el claro sentido, a simple vista, que heredó de la mecánica. Debe tenerse en cuenta que por masa "inerte" se entiende la medida de la resistencia de un cuerpo a modificar el carácter de su movimiento, mientras que por masa "de peso" o "gravitatoria" se comprende la medida de la interacción de un cuerpo con otros a través de un campo de gravitación. Cualquier partícula de una substancia posee tanta masa de inercia como de gravitación, y se ha demostrado experimentalmente, con una exactitud igual a 10^{-8}, que estas masas coinciden en magnitud. Junto con esto, cada clase de partículas posee en estado de reposo su cantidad característica de masa.

Pero también los campos físicos poseen masa, aun cuando ésta tiene otras propiedades que la masa de las partículas de substancia: por ejemplo, las partículas del campo electromagnético (luz) —los fotones— sólo existen moviéndose a una velocidad única: a la velocidad c. No se conocen fotones "parados": la masa en reposo del fotón es igual a cero. En cambio, la masa del fotón en movimiento es igual a $\frac{h\nu}{c^2}$, siendo h la constante de Planck y ν la frecuencia de las ondas electromagnéticas, es decir, el número de oscilaciones por segundo. En oposición a esto, las partículas de la substancia poseen masa en reposo, se mueven siempre a una velocidad v, nunca superior a c, y su masa depende de la velocidad.

Hubo un tiempo en que se supuso que la masa de las partículas de la substancia tiene también su origen en el "campo", es decir, está determinada totalmente por el campo que rodea la partícula. Sin embargo, esta suposi-

ción está en contradicción con la experiencia. Por ahora no se ha hallado explicación al origen de la masa, como tampoco se sabe por qué una partícula de una clase cualquiera posee precisamente un valor dado de la masa y no otro. A pesar de todo esto, no cabe la menor duda acerca de la existencia de la más intima concatenación entre la masa y la energía.

Ya en 1756, Lomonósov determinó experimentalmente que la masa de cualquier sistema aislado de cuerpos se mantiene constante, independientemente de los procesos que en ella se produzcan. Por cuanto la masa es una característica inseparable de los cuerpos materiales, se tiene que la ley de la conservación de la masa es una de las expresiones físicas de la tesis fundamental del materialismo acerca de la conservación de la materia. Pero de la ley de la equivalencia de la masa y la energía se deduce que la ley de la conservación de la masa se halla íntimamente ligada a la ley de la conservación de la energía; el vínculo es tan estrecho, que se han fundido en una sola ley.

La energía

La energía no puede ser ahora considerada únicamente como medida común de las diversas formas del movimiento de la materia. Esto lo demostró ya en 1874 el físico ruso Umov, quien probó que la energía se mueve por flujo en los cuerpos, posee densidad espacial, se traslada de unas zonas del campo (por ejemplo, del electromagnético o del campo de las deformaciones elásticas del medio) a otras. La teoría de la relatividad considera la energía E conjuntamente con el impulso $\vec{p} = m\vec{v}$ como una magnitud única denominada "impulso-energía".

En la física clásica, la energía era considerada una magnitud *escalar*, es decir, una magnitud que de modo semejante, pongamos por ejemplo, a la temperatura o a la masa, carece de dirección y queda totalmente caracterizada sólo por un valor numérico. En eso se diferenciaba,

por ejemplo, de la velocidad, que es un *vector* y se caracteriza no sólo por la magnitud, sino también por su sentido en el espacio. Por consiguiente, se la puede dividir en tres componentes según los tres ejes coordenados. El impulso-energía es una magnitud aun más compleja, un *tensor*. Está formada por 16 componentes. Ahora, la energía no es sólo la medida del movimiento; es la característica más general del estado de la materia que incluye en sí la interacción.

La ley de la equivalencia de la masa y la energía es la expresión física de la tesis fundamental del materialismo dialéctico acerca de la íntima conexión que existe entre la materia y el movimiento. Esta ley pone de manifiesto que cualquier forma estructural discontinua de la materia, es decir, una partícula de substancia, aun hallándose en reposo relativo, posee un movimiento interno que se caracteriza por su "energía propia". Y esta misma ley testimonia que cualquier forma continua de la materia, cualquier campo, aunque se propague a la velocidad límite *c*, posee no sólo una energía "desparramada" por todo el espacio, sino también una especie de "conglomerado" granular: la masa. La unidad de la masa y la energía es dialécticamente contradictoria. Y está íntimamente ligada a la contradicción dialéctica de las dos formas cualitativas de la materia que conocemos: las partículas y las ondas.

La cuarta dimensión

Finalmente, ciertos idealistas llegan hasta manifestar que la teoría de la relatividad ha demostrado la existencia real de una cuarta dimensión en la que, según ellos, viven los "espíritus de los muertos". Esta superstición ridícula da pie a los espiritistas —ignorantes y charlatanes— para intentar restablecer la creencia en la vida de ultratumba, admitida por nuestros lejanos antepasados, como consecuencia de su temor a los fenómenos de la naturaleza cuyo origen desconocían. Se funda esta superstición en que, en

la teoría de la relatividad, el tiempo se considera, por analogía con las tres dimensiones espaciales (longitud, ancho y altura) como una cuarta dimensión. Y como el espacio y el tiempo son inseparables resulta un "mundo cuatridimensional". Sin embargo, en estas condiciones, el tiempo no es equivalente a las dimensiones espaciales. Sólo puede variar en un sentido: del pasado al futuro, mientras que cualquier dimensión espacial puede modificarse en dos sentidos, hacia adelante y hacia atrás.

Esta diferencia esencial entre el tiempo y el espacio está expresada matemáticamente por el hecho de que en el "mundo cuatridimensional" el tiempo no se mide en segundos, sino por el producto de los segundos por ic, en donde, c es la velocidad, ya conocida, de la luz en el vacío e $i = \sqrt{-1}$ es una unidad imaginaria. De esto se infiere que al emplear la noción de "mundo cuatridimensional" no se afirma en modo alguno que la cuarta dimensión exista realmente como tal dimensión *espacial*. Ésta es sólo un concepto matemático, construido por analogía a las tres dimensiones espaciales del mundo material. Es una noción *auxiliar*, como otras muchas que empleamos sin que por eso consideremos que existen realmente. Es indudable que a nadie se le ocurre pensar que los meridianos y paralelos de la Tierra puedan tener otro significado que el de líneas imaginarias.

Los sistemas de Ptolomeo y Copérnico

Los idealistas interpretan también torcidamente la tesis fundamental de la teoría de la relatividad acerca de la equivalencia física de los sistemas móviles. Esta tesis dice que los procesos físicos se producen independientemente del movimiento (no sólo del rectilíneo y uniforme, sino de cualquier otro) del sistema material en el que tienen lugar. De aquí, los idealistas llegan a la conclusión de que el sistema heliocéntrico de Copérnico y el sistema geocéntrico de Ptolomeo son equivalentes. O dicho de otro

modo, tanto da considerar que el Sol gire alrededor de la Tierra como que ésta dé vueltas alrededor del Sol.

Sin embargo, lo único cierto es que desde el punto de vista de la cinemática, que no tiene en cuenta las fuerzas y considera el movimiento sólo geométricamente como un desplazamiento de los puntos en el espacio, estamos ante una equivalencia total, ante la identidad de ambos movimientos. Pero es una conclusión falsa afirmar que estos sistemas son equivalentes físicamente. Esta conclusión es el resultado de minimizar inadmisiblemente las llamadas "condiciones límites", las propiedades del campo de gravitación que origina el movimiento. En este caso, el sistema Sol-Tierra se considera aisladamente, desligado de todo el universo y sin prestar atención a su desarrollo histórico. De este enfoque erróneo resulta, precisamente, que todos los sistemas son equivalentes, que no existen sistemas privilegiados. En la práctica, sólo el sistema de Copérnico satisface las "condiciones límites", mientras que el sistema de Ptolomeo conduce a velocidades que la misma teoría de la relatividad no puede admitir, ya que superan la velocidad de la luz en el vacío.

¿Cuál es el origen de la contradicción aparente?

Muchas de las consecuencias que se deducen de la teoría de la relatividad parecen, a simple vista, contradecir frecuentemente lo que el "sentido común" nos dice. Sucede esto porque en la vida cotidiana operamos con procesos que transcurren a pequeñas velocidades en comparación con la velocidad de la luz, c, así como con fenómenos que tienen lugar a distancias relativamente no muy lejanas de nosotros. Por eso, se nos crea la ilusión de que, físicamente, el tiempo es absoluto, en particular, que dos sucesos simultáneos respecto a un cuerpo lo son también respecto a los demás cuerpos, independientemente de su movimiento relativo. La afirmación contraria nos sorprende: hay tendencia a creer que sólo puede tratarse de una

diferencia *aparente* en el transcurso del tiempo, o bien, de errores en su estimación.

Sin embargo, no nos causa en absoluto extrañeza el que dos sucesos que coincidan en el espacio respecto a un mismo cuerpo puedan no coincidir en el espacio respecto a un tercero. Situados en un punto de la costa vemos un barco cruzar ante nuestra vista. Desde su palo mayor cae un objeto cualquiera. Respecto al pasajero que se halla en

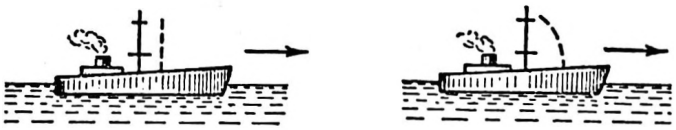


Fig. 8. — Ilustración de la relatividad del movimiento.

Para el observador situado en el barco, el cuerpo cae según una trayectoria en línea recta (figura de la izquierda); para el observador situado en la costa, la trayectoria del cuerpo al caer describe una parábola (figura de la derecha).

cubierta, este objeto sigue en su caída una trayectoria vertical. Pero, respecto a nosotros describirá una parábola (fig. 8). Del mismo modo, no es difícil comprender que si vemos una bombilla que luce colgada del techo podemos afirmar que tanto ésta como nosotros existimos simultáneamente. Pero cuando observamos en el cielo nocturno la nebulosa de Andrómeda, no podemos afirmar que ésta y nosotros existimos simultáneamente: ¡hay que tener en cuenta que su luz necesita más de un millón de años para llegar hasta nosotros!

"La paradoja del reloj"

Estamos tan acostumbrados a las ideas ilusorias acerca del sentido absoluto y físico del tiempo que, en ciertos casos, hasta físicos relevantes han aceptado como paradojas fenómenos en los que se manifiesta con fuerza el carácter físicamente relativo del tiempo. Es famosa la lla-

mada "paradoja del reloj", que originó una discusión muy prolongada que aun ahora continúa. En la actualidad, cuando los satélites artificiales y el cohete cósmico soviéticos han abierto ante la humanidad la senda que conduce al cosmos, esta paradoja comienza a adquirir también un sentido práctico. En el futuro, aplicando los ulteriores adelantos de la física atómica, los hombres construirán cohetes fotónicos cuyo motor empleará la enorme energía que se libera durante la transformación en campo de las partículas de la substancia. Estos cohetes no sólo podrán verse libres de la acción conjunta de los campos de gravitación de la Tierra y el Sol, sino que desarrollarán velocidades cercanas a la de la luz. Gracias a esto, podrán alcanzar las estrellas, la luz de la más próxima de las cuales a nosotros, la Alfa del Centauro, tarda en llegar a la Tierra 4 años, 2 meses y 28 días. Para ello se necesitarán no decenas de miles de años, como sucedería si este viaje se realizase utilizando un combustible químico, sino de dos a tres decenios.

Imaginémonos el futuro vehículo fotónico estelar de este tipo avanzando rectilínea y uniformemente a una velocidad $v = 299985$ km./seg., es decir, sólo a 15 km./seg. menos que c. Pero entonces, un reloj que viaje en este vehículo y todos los procesos materiales que en él se produzcan transcurrirán a una velocidad 100 veces menor que en la Tierra, según se deduce de la fórmula:

$$t = \frac{t_o}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

que relaciona la marcha del tiempo t_o en un sistema con la t de otro que se mueva a una velocidad v respecto al primero.

Sin embargo, por cuanto el movimiento del cohete es rectilíneo y uniforme, es decir, transcurre por inercia, sin que actúen fuerzas, resulta que ambos sistemas —el cohe-

te y la Tierra— son físicamente equivalentes: tanto derecho hay a considerar que el cohete se aleja de la Tierra como que ésta se aleja de aquél; lo mismo da pensar que el reloj marcha y todos los procesos materiales que se suceden en el cohete transcurren a una velocidad 100 veces menor que en la Tierra, como que en ésta son 100 veces más rápidos que en aquél. ¿Quién está en lo cierto?

Pero comparar la marcha del reloj en el cohete y en la Tierra sólo es posible cuando el cohete vuelva a ésta. Esto se puede lograr únicamente si el cohete comienza por retardar su avance hasta llegar a pararse, da luego la vuelta incrementando su velocidad hasta v y, al acercarse a nuestro planeta, se ve de nuevo frenado hasta detenerse por completo. En este caso, aun cuando el movimiento rectilíneo del cohete se mantiene, deja de ser uniforme. Se puede también operar de otro modo: comunicar al cohete una trayectoria curvilínea cerrada en lugar de rectilínea. Tanto en un caso como en otro, habría que aplicar al movimiento del cohete la teoría general de la relatividad, mucho más complicada. Pero el retraso de la marcha del reloj y de todos los procesos materiales en el cohete en comparación con la Tierra se mantiene en su totalidad. Se elimina únicamente la indeterminación: durante el movimiento rectilíneo y uniforme ambos sistemas no son ya físicamente equivalentes; el retraso en la marcha del tiempo se produce sólo en el cohete, porque sobre él actúan las fuerzas del campo de la gravitación que originan su aceleración, retardación o desviación respecto al movimiento rectilíneo.

Por eso, el explorador interestelar, al regresar con su reloj a la Tierra después de 10 años de viaje, resultará ser 1000 — 10 = 990 años más joven que sus coetáneos que vivieron en condiciones terrestres. Todos ellos habrán muerto mucho antes de su regreso, aun en el caso en que para entonces la medicina haya logrado ya triplicar la duración media de la vida humana. El explorador hallará sólo a sus descendientes lejanos.

El desplazamiento gravitacional hacia el rojo

¿Pero, se pueden creer estas afirmaciones? ¡Resulta que sí! La retardación del tiempo se ha descubierto en muchos campos potentes de gravitación, lo que es equivalente a su descubrimiento en los sistemas que se mueven a velocidades muy grandes. Estos potentes campos de gravitación los ha hallado la astronomía en las "enanas blancas", estrellas de una gran masa y pequeñas dimensiones. Claro está que en ellas no hay un reloj que se pueda comparar con el nuestro. Pero el reloj puede ser sustituido con éxito por átomos que emitan luz de una determinada frecuencia de oscilaciones, a las que corresponden ciertas rayas espectrales. Estas rayas, comparadas con las de los espectros de los átomos emisores obtenidas en condiciones terrestres, aparecen desplazadas hacia el extremo rojo del espectro, es decir, en el sentido de la disminución de las frecuencias. Se trata del llamado desplazamiento gravitacional rojo. Éste no debe ser confundido con el desplazamiento rojo en los espectros de las nebulosas extragalácticas, sobre los que se hablará más adelante.

El hecho de la retardación del tiempo en los sistemas que se mueven a gran velocidad es una confirmación más de la idea de Lenin acerca de que al descubrir lo "insólito" en la naturaleza, el pensamiento humano aumenta su poder sobre ella. La modificación de nuestras nociones acerca del espacio y el tiempo es inevitable y no se halla en modo alguno en contradicción con el materialismo dialéctico. En el futuro, es posible que esta retardación del tiempo que hemos considerado, permita a la humanidad investigar los mundos estelares más alejados de nosotros. Sin embargo, a veces, el pensamiento rutinario, el no saber o no querer investigar profundamente los conceptos que nos son habituales nos hacen aceptarlos como cosas evidentes. La falta de audacia para romper con ellos nos conduce frecuentemente a que, al enfrentarnos con el derrumbamiento radical y extraordinario que exige la ciencia, intentemos conservar las viejas nociones "tranquilas"

y habituales. En cambio, fácilmente catalogamos lo nuevo de absurdo y rebuscado. Cuando, por añadidura, observamos cómo los idealistas no pierden la ocasión de aferrarse a estos conceptos "insólitos", manifestando que todo el mundo es también nada más que la "libre creación del pensamiento", entonces, para vergüenza nuestra, nos hallamos dispuestos a veces a creerles. Nos hallamos dispuestos a considerar que estas nuevas nociones, que parecen estar en contradicción con el "sentido común", son únicamente el fruto de una fantasía carente de base, que, en general, no reflejan (o lo hacen tergiversándolas) las relaciones de la realidad material, por lo que deben ser rechazadas.

La contradicción con el "sentido común", la absurdidad aparente, lo paradójico no son sólo rasgos propios de la física contemporánea. En los albores de la aparición de las matemáticas como ciencia teórica, los griegos percibieron la inconmensurabilidad de los segmentos como un secreto místico inaccesible al raciocinio humano, cuyo descubrimiento, según la leyenda, era castigado por los dioses. En cambio, en la actualidad, cualquier escolar asimila este concepto.

Esto mismo puede decirse respecto de la noción acerca de la forma esférica de la Tierra, su rotación y giro, acerca de la composición del agua a partir de dos gases inflamables y sobre muchas cosas. "Las verdades científicas son siempre paradójicas si se las juzga basándose en la experiencia cotidiana que sólo percibe la apariencia de las cosas", escribía Marx. A su vez, Lenin señalaba que merced a lo infinitamente complejo de la realidad, gracias a que es "una cadena infinita, formada por una serie de eslabones", podemos en nuestros juicios, inevitablemente unilaterales acerca de ella, ir a parar a lo paradójico. Cualquier cuestión "gira en un círculo vicioso", escribía.

Hegel

Los metafísicos "suprimen" la teoría de la relatividad

No es de extrañar que al ver cómo los idealistas "físicos" presentan la teoría de la relatividad, que niega

nuestras nociones antiguas acerca del espacio y el tiempo, como la confirmación de sus concepciones, algunos de nuestros filósofos lo hayan creído. Éstos no supieron aislar el contenido físico de esta teoría de su interpretación filosófica, tergiversada además.

De aquí que tachasen de idealista la teoría de la relatividad y, por lo tanto, de anticientífica. Por cuanto el mismo creador de la teoría de la relatividad, Einstein, no fue un materialista consecuente y, sobre todo, en sus años jóvenes se hallaba bajo una fuerte influencia del positivismo, y más tarde aun, expresaba a veces conceptos idealistas aislados, se le trató de reaccionario. No se concedió importancia a su valerosa lucha contra el fascismo y la guerra. Estos filósofos tacharon de reaccionaria la teoría de la relatividad sin percibir que, en realidad, es una brillante confirmación de la doctrina del materialismo dialéctico acerca del espacio y el tiempo.

Todo esto se hacía en contra de las indicaciones de Lenin. En "Materialismo y empiriocriticismo" enseñó a estimar altamente la contribución que los científicos especializados burgueses hacen en su campo de conocimientos y, junto con esto, a enjuiciar en forma crítica e inconciliable sus manifestaciones filosóficas y metodológicas. Lenin nos enseñó a no seguir el último grito de la moda burguesa en la filosofía. Pero nos enseñó a no rechazar, sino a asimilar críticamente la totalidad de la herencia cultural burguesa, a revalorarla e interpretarla desde los puntos de vista del materialismo dialéctico.

Los límites de la teoría de la relatividad

La teoría de la relatividad es una teoría científica exacta. Pero esto no significa, ni mucho menos, que sea cierta sin limitación alguna, que en el futuro no deba ceder el paso a cualquier otra nueva teoría que refleje mejor la realidad. La verdad es que toda teoría científica es sólo cierta en determinados límites y que el desarrollo mismo de la ciencia consiste en la sustitución de unas teo-

rías por otras. En estas condiciones, sin embargo, las teorías antiguas no son totalmente rechazadas. De ellas se conserva mucho y aun, a veces, todo. Pero se transforman únicamente en el caso límite de una nueva teoría más general y más perfecta. Esto es lo que ha sucedido, por ejemplo, con la mecánica newtoniana, cuyas fórmulas se deducen de la teoría de la relatividad mediante el paso a un límite extremo, si se hace que la velocidad c tienda a infinito. Del mismo modo, también la física clásica puede ser considerada como un caso límite de la física cuántica: sus fórmulas se obtienen al pasar al límite, si se hace que el cuanto de acción h tienda a cero. ¿Pero, cuáles son los límites en que es dable aplicar la teoría de la relatividad? ¿Dónde están la "superficie" y el "fondo" del océano —del "mundo cuatridimensional" relativista— en los que unos habitantes imaginarios del mismo se verían obligados a modificar los conceptos de espacio y tiempo de la teoría de la relatividad?

El desplazamiento extragaláctico al rojo

En 1919, el astrónomo norteamericano Hubble descubrió el fenómeno del desplazamiento al rojo de las rayas espectrales de las nebulosas extragalácticas (galaxias). Según es sabido, fuera de los límites de nuestra Galaxia —gigantesco sistema estelar en el que se encuentra comprendido nuestro Sol— existen cerca de mil millones de aquéllas. Junto con nuestra Galaxia forman un sistema de galaxias, la Metagalaxia. Las más cercanas se encuentran a distancias del orden de 10^{23} cm. y las más lejanas a distancias del orden de 10^{27} cm., sus diámetros vienen a ser de 10^{23} cm. y la distancia que las separa de unos 10^{24} cm.

Y he aquí que Hubble descubrió que la luz que proviene de las lejanas galaxias posee una longitud de onda mayor que la emitida por los correspondientes manantiales terrestres: en los espectros de las galaxias, las rayas de los elementos químicos están desplazadas hacia el extremo rojo del espectro. Pero, de acuerdo con la ley de

Doppler y Fizeau, el alargamiento de las ondas de unas oscilaciones cualesquiera (ya sean luminosas o acústicas, indiferentemente) es suscitado por el alejamiento del manantial de las oscilaciones respecto al observador. Las mediciones han demostrado que el alejamiento de las galaxias está supeditado a una ley sencilla: la velocidad v con que divergen unas de otras es proporcional a la distancia r entre ellas. Cada 10^{24} cm. de distancia, la velocidad aumenta en 55 km. por segundo. Ciertos filósofos e idealistas físicos han interpretado este sorprendente fenómeno en el sentido de que todo el universo se expande a partir del instante en que sus dimensiones espaciales se hallan reducidas a la magnitud de cierto átomo primario, es decir, ¡a partir de la "creación del mundo"!

Es evidente que la ciencia no ofrece fundamento alguno para llegar a esta conclusión. No hay motivos para reducir todo el universo nada más que a la Metagalaxia, es decir, a aquella parte del universo, precisamente, que es investigable con los medios con que ahora contamos. Y por cuanto este estudio sólo pudo iniciarse hace 40 años y, por consiguiente, no ha podido dar todavía datos suficientes acerca de la estructura de la Metagalaxia y, lo que es más, acerca de las modificaciones de esta estructura con el transcurso del tiempo, resulta en extremo irreflexivo construir hipótesis que extiendan ilimitadamente lejos la aplicación de conocimientos inexactos y fragmentarios. No es de extrañar que entre los científicos a quienes repugnaban estas extrapolaciones desenfrenadas y especulativas que conducen al misticismo haya habido algunos que han intentado explicar el desplazamiento al rojo en los espectros de las galaxias lejanas no por su separación, sino por otras causas. No obstante, todas estas tentativas resultaron infructuosas. Desde que Hubble hizo su descubrimiento han pasado ya más de tres decenios. El hecho de la separación de las galaxias no ofrece ya la menor duda; las leyes que lo rigen han sido confirmadas por métodos completamente distintos a los anteriores, con los métodos de una nueva rama de la astronomía, la radio-

astronomía. Junto con esto se ha puesto en claro que es mucho —y sobre todo, los datos acerca de la distribución de las galaxias en el espacio— lo que necesita ser revisado. Los astrónomos han demostrado que las galaxias no se hallan dispersas sin orden ni concierto en el espacio, como antes se pensaba; la Metagalaxia no es uniforme, ni mucho menos. Posee una estructura compleja, se compone de conglomerados y grupos de galaxias, distribuidos en la Metagalaxia en forma en extremo heterogénea, que, sin embargo, se separan unos de otros en forma aproximadamente homogénea e isótropa (es decir, lo mismo en todas las direcciones y en todos los puntos del espacio). Vemos que no sólo no estaban en lo cierto los idealistas, a quienes se debe el esquema del universo homogéneo y extensible, sino tampoco aquellos científicos que no reconocían como real el ensanchamiento de la Metagalaxia. Según hizo notar justamente el astrónomo soviético V. A. Ambartsumián, sólo pueden continuar negando este hecho los conservadores y mecanicistas que tozudamente no quieren asimilar la idea de que al pasar a las escalas cósmicas hallamos fenómenos totalmente nuevos, insólitos en el macrocosmo. Evidentemente, la expansión del megacosmo es originada por unas causas nuevas, hasta ahora desconocidas.

No cabe la menor duda de que muchos de los conceptos del macrocosmo no pueden ser trasladados al megacosmo. La verdad es que si se admite que las nebulosas extragalácticas se van a separar ilimitadamente, resulta que ya a distancias del orden de 10^{27} cm. la velocidad de separación alcanzaría y luego superaría la velocidad de la luz c, lo que en los marcos de las hipótesis contemporáneas es totalmente imposible. Según podremos comprobar más adelante, algo parecido sucede también al pasar al mundo de las partículas elementales: también allí la teoría de la relatividad está en contradicción con las leyes específicas del microcosmo.

Modelos del universo

Así, pues, hemos podido convencernos de que, por sí sola, la teoría general de la relatividad no puede resolver la cuestión acerca de la estructura del universo, en particular, la referente a las propiedades del espacio universal. Los nuevos datos experimentales y conclusiones teóricas de la física atómica nos impelen ahora a hipótesis totalmente distintas de las que hicieron Einstein y su escuela. De esto, sin embargo, no se deduce que los diversos "modelos del universo" construidos matemáticamente, basándose en la teoría general de la relatividad, carezcan de valor alguno para la cosmología. No cabe la menor duda de que éstos reflejan importantes rasgos aislados de la realidad, pero lo hacen en forma unilateral, simplificada.

Discusiones acerca del carácter infinito o finito del espacio

No se puede en modo alguno rechazar sin más ni más la hipótesis de que el espacio universal es finito, por mucho que esto nos parezca imposible. En "Materialismo y empiriocriticismo", Lenin subrayaba que la *única* cuestión filosófica en la doctrina del espacio es la que hace referencia a si corresponden nuestras percepciones y conceptos del espacio a una realidad objetiva, independiente de la humanidad. Algo completamente distinto es cuáles son estas percepciones y cómo las obtiene el hombre mediante los órganos sensoriales, cuál es la noción abstracta del espacio y cómo se forma a partir de estas percepciones mediante el prolongado desarrollo histórico.

Comúnmente, los que consideran incompatible con el materialismo la hipótesis de que el espacio del universo es finito razonan, aproximadamente, del modo siguiente. Si el espacio es finito, esto significa que está limitado. Pero, surge la cuestión ¿qué hay pasados los límites de este espacio finito? ¿En dónde se halla comprendido este "universo finito"? No puede estar comprendido en la materia; una vez superados sus límites no puede existir materia alguna, aunque sólo sea por la sencilla razón de que

el universo es precisamente toda la materia. Por consiguiente, hay que admitir que fuera del universo existe un algo inmaterial, es decir, venimos a parar al idealismo.

Sin embargo, este razonamiento se basa totalmente en la inadmisible confusión de los conceptos de "finito" y "limitado", así como de "infinito" e "ilimitado". Es cierto que todo lo limitado es también finito, pero no es cierto que todo lo finito haya de ser necesariamente limitado. Todo lo infinito es, al mismo tiempo, ilimitado. Pero no es obligatorio considerar que todo lo ilimitado haya de ser también infinito. Si se avanza por una superficie esférica, no tropezaremos en sitio alguno con una barrera, aun cuando la superficie esférica es finita.

En este caso, cuando se trata de una superficie que posee dos dimensiones: longitud y anchura, la diferencia entre lo "finito" y lo "limitado" se demuestra fácilmente por medio de los sentidos, por lo que no hay dificultades para comprenderlo. En el espacio tridimensional material no podemos "palpar" o ver esta diferencia. Sólo podemos abarcarla mediante la facultad de abstracción del pensamiento.

Ya en 1828, el matemático alemán Gauss demostró que para estudiar las propiedades de un espacio n dimensional, finito, cerrado, pero ilimitado no hay, en general, necesidad de salirse de sus límites y hasta tampoco es necesario imaginárselo comprendido en un espacio de $n + 1$ dimensiones. La teoría general de la relatividad ha demostrado también que las propiedades del espacio-tiempo material, su geometría y, por lo tanto, su condición de "cerrado" (finito) o "abierto" (infinito) no están determinadas por un algo externo, sino que se hallan internamente comprendidas en él mismo.

A favor de la incompatibilidad con el materialismo de la hipótesis del carácter espacial finito del universo se podría también, a primera vista, citar el argumento siguiente: por cuanto el espacio y el tiempo forman un todo único, se hallan íntimamente vinculados, el admitir la condición finita del espacio nos conduce a admitir el carácter finito del tiempo. Y esto nos lleva al creacionismo, al reconocimiento de la creación del mundo, a la religión.

Pero la unidad del espacio y el tiempo no significa que sean idénticos. Es absurdo pensar que todas las propiedades del espacio deberá tenerlas también el tiempo. Nadie se atrevería, por ejemplo, a afirmar que el tiempo ha de ser tridimensional y que debe transcurrir en ambos sentidos —no sólo del pasado al futuro, sino también del futuro al pasado—, por la sola razón de que éstas sean las propiedades del espacio. No se puede extender al tiempo la finitud del espacio porque, a diferencia de éste, aquél transcurre en una sola dirección. Por eso, en el tiempo, la noción de "finito" sólo puede coincidir con la de "limitado" y, por consiguiente, con la hipótesis anticientífica acerca de un "origen del tiempo" antes del cual no existía el tiempo y, por lo tanto, tampoco había materia, es decir, con la hipótesis, sin sentido, de la creación del mundo a partir de la nada por una fuerza inmaterial.

Finalmente, objetando la idea de la finitud espacial del universo, se argumenta que ella priva a la materia de la posibilidad de modificarse ilimitadamente. Sin embargo, esto tampoco es cierto, ya que la materia conserva su inagotabilidad, su condición de infinita, no sólo en el tiempo y el espacio, sino hacia adentro, internamente. En este sentido, cada una de sus partículas forma un mundo infinito, con lo que está asegurada la posibilidad de variar infinitamente las formas estructurales de la materia y los aspectos de su movimiento.

Todo este examen de la infinitud o finitud del espacio no debe ser entendido, ni mucho menos, en el sentido de que nosotros afirmemos que el espacio es finito. Su único objeto es demostrar que los datos reales que obran en nuestro poder no nos permiten dar una respuesta a la cuestión de la finitud o infinitud del espacio universal. Si se desea permanecer en el terreno de la ciencia, sin dejarse llevar por las especulaciones del naturalismo filosófico, no hay que salirse de los marcos del universo astronómico como no sea ampliando estos marcos mediante el progreso histórico de la ciencia y la técnica. Si hasta hace poco la astronomía era una ciencia basada

en la observación, a partir del instante en que fue puesto en órbita por la Unión Soviética el primer satélite artificial de la Tierra, seguido después por otros y por el planeta y el cometa artificiales soviéticos, se ha convertido en una ciencia experimental. Ahora utiliza métodos activos para la investigación de los procesos cósmicos. Por eso es capaz, de modo incomparablemente más satisfactorio que antes, de resolver cuál de los dos modelos —el cerrado (finito) o el abierto (infinito)— refleja mejor las propiedades del universo real. El materialismo marxista, siguiendo las indicaciones generales de Lenin, debe dejar la resolución de este problema a la astronomía y a la física, ramas de la ciencia que en la actualidad colaboran cada vez más íntima y fructíferamente.

En 1958, el astrónomo soviético A. L. Zelmanov realizó un interesante descubrimiento. Demostró matemáticamente que en relación con el universo, la contraposición misma de los conceptos de "lo infinito" y "lo finito", como nociones que se excluyen recíprocamente, carece del sentido sencillo que estamos acostumbrados a darles basándonos en la experiencia obtenida en el macrocosmo. Resulta que para el modelo anisótropo del universo. considerado teniendo en cuenta la teoría general de la relatividad, el carácter finito o infinito es relativo: respecto a unos sistemas de referencia materiales que posean determinado movimiento, el universo es infinito, respecto a otros es finito. De esto se deduce que nuestras nociones corrientes de "lo finito" y "lo infinito" no son aplicables al universo tomado en su conjunto.

Sentido en que se produce el desarrollo

La finitud o infinitud espaciales del universo tiene gran importancia. Su examen demuestra cuán difícil y hasta imposible es aplicar los conceptos surgidos como reflejo de unos u otros rasgos, de las propiedades de una parte de la existencia respecto a la totalidad, cuando ésta incluye *toda* la existencia. Entre estos conceptos se cuen-

tan no sólo las nociones de lo infinito y lo finito, sino también la orientación y el sentido espaciales del proceso de desarrollo. En la Tierra nos orientamos por los cuatro puntos cardinales; en nuestro sistema solar, por la eclíptica, su polo y el punto equinoccial de primavera. Nuestros puntos de orientación en la Galaxia son el ecuador galáctico, su polo y el punto de intersección de los ecuadores galáctico y celeste. Pero, si el universo es infinito, no se puede en él aislar dirección alguna, no se puede determinar en él sistema alguno de coordenadas.

En su aplicación a nuestro planeta, así como a la vida orgánica en él, a cada organismo aislado, lo mismo que a la sociedad humana, el desarrollo se produce como un movimiento progresivo que va de lo simple a lo complejo, de lo inferior a lo superior. Esto es también cierto respecto a una nebulosa, una estrella o un sistema planetario aislados. Es también cierto respecto a la ciencia y a la técnica. Sin embargo, en su aplicación a todo el mundo material, tomado en su conjunto, el concepto de desarrollo unidimensional carece de sentido: en él, en diferentes épocas y lugares tienen lugar infinitas transiciones del viejo estado cualitativo al nuevo. Estas transiciones se producen a saltos, como resultado de la acumulación de cambios cuantitativos graduales, inseparables siempre de los cambios cualitativos.

No se puede decir que el mundo en su conjunto se desarrolle exclusivamente de lo simple a lo complejo, de lo inferior a lo superior. La ciencia contemporánea ha demostrado que el sistema de elementos químicos es, utilizando una expresión metafórica, una instantánea de dos procesos universales, recíprocamente opuestos e infiltrados el uno en el otro. Se trata del proceso de formación de elementos pesados a partir de los ligeros, durante el cual tanto la estructura del núcleo como la de la capa del átomo se hacen más complejas. Se incluye aquí también el proceso de la desintegración de los elementos pesados, de la formación a partir de ellos de elementos ligeros, de la simplificación del núcleo atómico y de su capa electrónica.

Ambos procesos han hallado ya una extensa aplicación práctica. El proceso de la desintegración sirve para obtener energía atómica en las centrales generadoras, se emplea en medicina para la radioterapia, en la industria, agronomía y biología, se utiliza para la radiografía y la radiosignalización. Por ahora, el proceso de la síntesis nuclear encuentra aplicación únicamente en la bomba termonuclear, pero no está lejano el día en que revolucione la energética. Junto con esto, ambos procesos desempeñan un papel importantísimo en la naturaleza. El calor interno de la Tierra, del que, en resumidas cuentas, dependen las potentísimas fuerzas tectónicas que originan los sismos, es mantenido por la desintegración radiactiva. Por otra parte, la transformación en helio de los átomos de hidrógeno, que tiene lugar en las entrañas del Sol y las estrellas, es el manantial que alimenta su radiación.

Dos procesos de sentido opuesto se han descubierto también en el mundo de las partículas elementales. Se trata de la destrucción recíproca de las partículas de la substancia que se produce en determinadas condiciones energéticas. Por ejemplo, los electrones y positrones poseen la misma masa en reposo, pero sus cargas eléctricas son de signos opuestos; durante su destrucción recíproca se crea un campo electromagnético que incluye en sí fotones; se trata de partículas de luz que no poseen masa en reposo. Y en otras condiciones, por el contrario, del campo electromagnético nacen partículas de substancia: pares formados por el electrón y el positrón. Diversos procesos de transformación han sido determinados experimentalmente respecto a todo género de partículas. Es posible que las partículas de los rayos cósmicos, que poseen energías extremadamente elevadas (del orden de 10^{18} electronvoltios, es decir, $1{,}6 \cdot 10^{6}$ ergios) y que son componentes de la llamada radiación cósmica primaria, surjan durante el estallido de las estrellas supernovas. Pero también puede ser que nazcan en zonas muy lejanas del universo, donde una variedad cualitativa de la materia —el campo— se transforme en otra variedad cualitativa de ésta —la substancia—.

Universidad de Oviedo

La eterna renovación de la naturaleza

Así, pues, según indicaba Engels, en la naturaleza ocurre "un ciclo eterno en el que se mueve la materia". En aquél, "toda forma finita de existencia de la materia —lo mismo si se trata del Sol que de una nebulosa, de un animal aislado que de una especie animal, de una combinación que de una disociación química— es idénticamente perecedera..." y en ella, "no hay nada eterno, de no ser la materia en eterno movimiento y transformación y las leyes según las cuales se mueve y se transforma".

Así, pues, en su aplicación a la totalidad del universo hay que partir de la concepción del desarrollo de la materia como una eterna renovación. Una y otra vez la substancia se transforma en radiación y ésta, en substancia. Una y otra vez la energía se dispersa y se acumula. Una y otra vez surgen y perecen los mundos estelares, los nuevos sistemas solares. En sus planetas, una y otra vez pueden darse las condiciones necesarias para la vida orgánica, cuya edad, según escribía Engels, "y más aun el tiempo de vida de los seres conscientes de sí mismos y de la naturaleza es tan parcamente medido como el espacio en que la vida y la autoconciencia existen".

La "teoría de la muerte térmica" del universo

No cabe la menor duda de que sólo partiendo de esta concepción del desarrollo en su aplicación al universo se puede luchar con éxito en contra de la "teoría" pseudocientífica de la muerte térmica del universo. De lo contrario, si se aplica la noción de movimiento progresivo a toda la materia tomada en su conjunto, se llegaría inevitablemente a la conclusión de que la vida ha de interrumpirse más tarde o más temprano no sólo en la Tierra, que el movimiento ha de cesar no sólo en nuestro sistema solar,

sino que esta misma suerte han de correr los demás sistemas de todos los mundos del universo.

El admitir la idea de la "muerte térmica" del universo conduce de uno u otro modo a las concepciones idealistas reaccionarias acerca del origen del mundo por "creación divina" y "al fin del mundo", a la inevitable destrucción del mundo, a su reducción a la nada. Por su esencia misma, estas ideas niegan la ciencia, puesto que admiten que todas sus leyes comenzaron a actuar súbitamente y dejarán de regir de repente por la intervención de la voluntad divina. Por eso, es completamente absurdo que los defensores de estas ideas invoquen... la ciencia.

Una gran aportación al desenmascaramiento de la teoría reaccionaria de la "muerte térmica del universo" hizo el físico austríaco Boltzmann. Éste era materialista y se pronunció sin rodeos contra el machismo, lo que Lenin estimó en alto grado en su "Materialismo y empiriocriticismo".

Boltzmann se había especializado en termodinámica. Por ésta se sabe que todos los procesos físicos que observamos en los macrocuerpos se producen en "un sentido", de modo que la energía se dispersa, que el calor pierde su capacidad de transformarse en trabajo mecánico. Estos procesos son irreversibles; la magnitud que los caracteriza —la entropía— no puede disminuir. Esta ley se denominó segundo principio de la termodinámica, a diferencia de su primer principio, la ley de la conservación y transformación de la energía.

Boltzmann intentó explicar el segundo principio basándose en la teoría cinética, es decir, considerando los procesos térmicos como un aspecto especial del movimiento de las moléculas de la substancia. Pero se halló ante una contradicción que parecía insuperable. El caso es que el movimiento mecánico de las partículas puede producirse en cualquier sentido, mientras que el calor sólo pasa espontáneamente de un cuerpo más caliente a otro más frío, pero no al contrario. En torno a esta cuestión se en-

tablaron acaloradas y largas discusiones que los idealistas procuraron por todos los medios aprovechar.

Carácter estadístico del segundo principio de la termodinámica

Pero Boltzmann y el físico polaco Smolujovski propusieron una hipótesis admirable. Ellos afirmaban que el aumento de la entropía significa que el sistema tiende a pasar de un estado menos probable a otro que lo es más. O dicho de otro modo, el segundo principio es una ley *estadística*. La transmisión espontánea del calor de un cuerpo más frío a otro más caliente es posible, pero, en los macrocuerpos, la probabilidad de esta transición es infinitamente pequeña. La irreversibilidad se presenta sólo debido a que el número de microprocesos que se desarrollan en un sentido supera extraordinariamente al de los microprocesos que transcurren en sentido contrario. Boltzmann lanzó la hipótesis de que, en un intervalo astronómico de tiempo suficientemente grande, en el sistema pueden ocurrir fluctuaciones de cualquier tipo, es decir, desviaciones en cualquier sentido respecto al estado de equilibrio. Es posible, consideraba, que nuestro mundo en su totalidad represente una de estas fluctuaciones y que en otra parte del universo, a distancias inconmensurables de nuestro mundo, exista otro. En él, los procesos físicos transcurren en sentido opuesto al nuestro. La entropía allí disminuye.

Después de la muerte de Boltzmann se demostró experimentalmente que el llamado movimiento browniano, movimiento desordenado de las pequeñas partículas suspendidas en un líquido o en un gas, confirma plenamente su hipótesis acerca del carácter estadístico del segundo principio. Pero en su aplicación a las zonas de escalas cósmicas, la hipótesis de la fluctuación de Boltzmann resultó ser falsa. En efecto, la totalidad de la gigantesca zona del universo que nosotros observamos está muy lejos de hallarse en equilibrio térmico. Sin embargo, la probabilidad de que se produzcan fluctuaciones de amplitud incompa-

rablemente más pequeña, tanto en uno como en otro sentido, debería ser, según Boltzmann, mucho mayor. No obstante, son precisamente estas fluctuaciones de menor amplitud las que nosotros observamos.

El científico soviético B. I. Plotkin ha demostrado que las leyes estadísticas, deducidas de las propiedades de grandes cantidades finitas de partículas, no son aplicables a las infinitas. Por eso, sólo se puede decir que respecto a la totalidad del universo, el concepto de estado de equilibrio es, en general, inaplicable. Y si esto es así, el concepto mismo de "tendencia del universo al equilibrio térmico" (es decir, a la "muerte térmica") carece totalmente de sentido.

El movimiento material es infinitamente más rico que el progresivo, que el desarrollo de lo simple a lo compuesto, de lo inferior a lo superior. Aquél no se reduce únicamente al desarrollo en línea ascendente. Representa en sí una renovación perpetua, pero no en el sentido de retornar a una misma repetición perenne de lo pasado, sino en el sentido de la transformación continua de unos aspectos del movimiento en otros. Se produce un cambio constante del movimiento ascendente en descendente, y viceversa. En diferentes lugares y épocas, este cambio es más o menos casual, pero con la necesidad propia del caso.

Si aplicamos a la totalidad del universo la noción unilateral del desarrollo en línea ascendente, lo mismo que el concepto del retorno perenne, pensamos metafísicamente. Lenin entendía dialécticamente la infinitud de la materia y de su movimiento como su inagotabilidad, como su diversidad en la unidad y ésta en su diversidad. Nosotros en cambio solemos, en forma simplificada, reducirla —esta cualidad real infinita como proceso multiforme— a esa cualidad infinita "rebajada", abstracta, sin diversidad, desligada de lo finito. Ya Hegel la denominó "mala infinitud". Su representación aritmética está dada por la melancólica serie:

..., 1, 1, 1, 1, ...,

en la que cada miembro se limita a repetir simplemente al que le precede. Geométricamente, se la puede representar por una secuencia de puntos equidistantes. Esto se puede hacer tanto en el caso en que se hallen situados sobre una recta que se prolonga ilimitadamente en ambos sentidos como si están emplazados en una circunferencia.

El movimiento en línea ascendente

En lo que respecta al movimiento en línea ascendente al desarrollo de lo simple a lo complejo, éste es característico de las estrellas, de los sistemas planetarios, de la vida orgánica, de la sociedad humana y del conocimiento. Es muy importante subrayar aquí esta tesis. El hecho es que está dirigida contra los heraldos reaccionarios del "eterno retorno" de la humanidad al estado salvaje y a la barbarie, contra la preconización del pesimismo, la desesperación y la fatalidad. Pero hasta en su aplicación a la biología y a la sociología, el movimiento en línea ascendente es el único predominante, rector, y, en este sentido, es específico de estos fenómenos.

Al efectuarse en línea ascendente, desde lo más simple hasta el hombre, el desarrollo orgánico no excluye el sentido inverso del movimiento. La atrofia de las células del organismo y la muerte de millones de generaciones, la extinción de especies aisladas de plantas y animales no son simplemente casuales, sino condiciones necesarias de la vida. Esto mismo es cierto también en lo que se refiere al desarrollo de la sociedad, a sus regímenes económicos, a su técnica y ciencia, a sus formas estatales y jurídicas, a su moral, arte y filosofía. También en la sociedad se dan períodos de estancamiento y decadencia.

En el transcurso de los cincuenta a setenta mil años que han pasado desde que se formó el tipo actual del hombre, las fuerzas productivas se desarrollan sin tregua, ha ocurrido un movimiento de avance progresivo en todos los sectores. Se produjo un cambio hacia algo mejor, más

progresivo y perfecto. Se efectuó el paso hacia formaciones sociales cada vez más perfectas, de cultura más elevada. Al mismo tiempo, este movimiento iba inevitablemente acompañado de fenómenos parciales de regresión, de degeneración y extinción de formas aisladas que, en ciertos períodos históricos y en determinados lugares geográficos, correspondían a ramificaciones descendentes de la línea ascendente general.

4. LA LEY NATURAL

La doctrina del materialismo dialéctico acerca de la ley natural, acerca de la necesidad y la causalidad en la naturaleza fue expresada por Lenin en el § 3 del capítulo III de "Materialismo y empiriocriticismo". Resumida se reduce a lo siguiente.

El materialismo dialéctico reconoce la objetividad de la *ley, la necesidad y la causalidad* en la naturaleza. Reconoce que nuestras nociones reflejan sólo aproximadamente esta ley objetiva, ya que a la naturaleza no se le puede aplicar medida humana alguna. La doctrina del materialismo dialéctico muestra que las nociones humanas sobre la causa y el efecto aíslan siempre artificialmente las facetas aisladas del proceso universal único. La dependencia funcional matemática, que encuentra tan amplia aplicación en la ciencia, es la expresión abstracta de la relación causal. La concepción por parte de los positivistas de la necesidad como "el grado de probabilidad de las esperanzas en los resultados", la concepción de las leyes de la causalidad como una "limitación de las esperanzas" es subjetivismo. El reconocimiento de la conexión objetiva de los fenómenos del mundo y su reflejo aproximadamente exacto en el cerebro humano es absolutamente necesario en el materialismo.

Todas estas tesis leninistas se han visto totalmente confirmadas por el desarrollo de las nociones de ley, necesidad y causalidad en la ciencia contemporánea. A continuación, sin entrar en detalles superfluos, intentaremos

caracterizar la transformación de estos conceptos en la historia reciente de la física y la filosofía.

La causalidad mecánica

La causalidad mecánica, tal y como fue formulada por Newton y tal y como la tomó de él Kant, reconoce la identidad de la causa y el efecto. Según Kant, en una habitación hace calor porque la estufa está encendida. Pero esto es un planteamiento erróneo. Todo el mundo sabe que hace calor no porque la estufa esté encendida, sino porque se calentó. O dicho de otro modo, en la causalidad debe incluirse necesariamente la *sucesión en el tiempo.*

Hume fue, en el sentido gnoseológico, no menos idealista que Kant. Sin embargo, intentó establecer condiciones más rígidas para la ley de la causalidad desde el punto de vista de la exactitud de las ciencias naturales. Además de la conexión en el tiempo de dos fenómenos consideraba como condición necesaria de la causalidad la *condición de repetición* de este vínculo. Hume utiliza el ejemplo siguiente: si se observa frecuentemente que cerca de una llama hace calor, es evidente que, puesto que la llama precede al calor, aquélla es la causa de éste.

Pero esta definición de la causalidad tampoco es satisfactoria. Así, por ejemplo, se puede observar que todas las noches, después de haber dado un reloj las campanadas de una hora determinada, arranca el último tren del Metro. A pesar de ello, las campanadas del reloj no son la causa de la partida del tren. La definición de causalidad que Hume nos ofrece contiene, por consiguiente, sólo los síntomas necesarios, pero no los suficientes, de la causalidad.

Los filósofos burgueses contemporáneos, siguiendo esta misma senda, tratan de hacer más precisa esta formulación. Así, el filósofo idealista inglés Russell afirma que un suceso E_1 sólo es la causa de otro suceso E_2 en el caso que sigue: debe existir un intervalo de tiempo t perfecta-

mente determinado que siempre se produce entre los sucesos E_1 y E_2 y la serie E_1, t, E_2 debe repetirse un gran número de veces. Esta definición no resiste la crítica por los mismos motivos que la dada por Hume.

La causalidad en la teoría de la relatividad

Éstas y las demás tentativas similares de dar una definición formal y universal de la causalidad se basan en dos ideas falsas: en primer lugar, en la conjetura idealista de que sólo existe la causalidad lógica, subjetiva, determinada por la observación; en segundo lugar, en la noción metafísica de que todos los sucesos del universo se pueden dividir en dos clases: unos sucesos se refieren a las causas y otros a los efectos; una vez realizada esta división, ambos miembros se pueden después ligar entre sí.

Pero la causalidad lógica sólo refleja las leyes objetivas de la naturaleza, mas de una forma incompleta, simplificada. Por otra parte no existe fundamento alguno para dividir el universo en la clase de las causas y en la de los efectos.

Los sucesos del universo no sólo forman una red infinita y de una complejidad sin límites, sino que, además, dos sucesos cualesquiera están vinculados entre sí por una transición continua. Junto con esto, los aspectos mismos de la conexión entre los acontecimientos son de una diversidad extraordinaria. De aquí el que esta división sea siempre artificial. Si, a pesar de todo, la realizamos, si separamos artificialmente un suceso cualquiera E_1, resulta que, hablando con propiedad, su causa no es el otro suceso E_2, sino el resto del universo, excepción hecha del acontecimiento E_1. O más exactamente aun, si se tienen en cuenta las limitaciones que plantea la teoría de la relatividad, su causa es el resto del universo, excluidas aquellas de sus partes que, en relación con el valor finito de la velocidad de la luz, de las señales electromagnéticas y de todas las demás, no pueden influir en el suceso E_1.

Pero de la teoría especial de la relatividad, del hecho de que el espacio y el tiempo no existen separadamente, se deduce que el mundo formado por el espacio y el tiempo no se puede dividir unívocamente en pasado, presente y futuro. Dos acontecimientos E_1 y E_2 nunca pueden ser comparados unívocamente entre si de modo que se pueda decir que E_1 sucedió antes que E_2. En el caso más general, esta comparación depende de la velocidad del movimiento del sistema material al que el acontecimiento se refiere. Pero si, en principio, no en todos los casos se puede determinar qué fue lo primero, en estos casos, y *como principio,* es imposible establecer cuál es la causa y cuál el efecto. Debe tenerse en cuenta que la condición necesaria (pero no suficiente) para que E_1 sea la causa de E_2 consiste en que E_1 deberá preceder en el tiempo a E_2.

Crítica de la causalidad mecánica y del agnosticismo

El enjuiciamiento crítico que la física contemporánea hace de la antigua noción mecánica de la causa y el efecto no implica la negación de la causalidad, como tampoco caer en el agnosticismo. La tesis de que en el mundo no existen fenómenos casuales se mantiene inmutable. No tiene nada que ver con el agnosticismo el que se reconozca que entre ciertos fenómenos no exista un vínculo causal y que éste no pueda ser determinado por ningún género de observación o experimento físico.

Según aclaró convincentemente Lenin, la contraposición de las tendencias filosóficas del materialismo y del agnosticismo consiste en otra cosa. El primero reconoce que "los sentidos nos dan unas imágenes verdaderas de las cosas, que nosotros conocemos *estas cosas mismas*..." (1), mientras que el segundo "*no va más allá* de las sensaciones, que *él se detiene más acá de los fenómenos*, negándose a ver nada que sea «cierto» más allá de las sensaciones" (2).

(1) *V. I. Lenin,* "Materialismo y empiriocriticismo", pág. 109, Ediciones Pueblos Unidos, Montevideo, 1959.
(2) *Ibídem.*

Si el acontecimiento E_1 sucede en la Tierra y el E_2 en el Sol, siendo el intervalo de tiempo que los separa inferior a 8 minutos, que es lo que necesita la luz u otra cualquiera de las formas de transmisión de la energía que conocemos para cubrir la distancia que separa la Tierra del Sol, se tiene que entre los acontecimientos E_1 y E_2 no sólo no existe una conexión causal, sino tampoco cualquier otro tipo de interacción. No existe objetivamente, y no porque no podamos conocerla.

Y entre estos acontecimientos E_1 y E_2 no sólo no hay una interacción directa, sino que tampoco existe y no puede existir una interacción indirecta. La interacción y la causalidad no existen no sólo en los acontecimientos en los que el intervalo espacial es muy grande en comparación con el que expresa el tiempo, cuya magnitud se estima en la escala de nuestro macrocosmo habitual; tampoco existen en los acontecimientos entre los que el intervalo de tiempo es muy pequeño en comparación con el intervalo espacial, estimado a la escala habitual de nuestra percepción sensorial. O dicho de otro modo, la falta de interacción es característica de los acontecimientos en los que se cumple la desigualdad

$$\frac{r}{\Delta t} > c,$$

en la que r es el intervalo espacial y Δt el temporal entre los acontecimientos. Y esto es posible no sólo en las zonas cósmicas, sino también en las microzonas.

La interacción y la causalidad "unidimensional" ocurren únicamente en una zona "media" por su escala espacial y temporal, en el intervalo correspondiente a nuestros órganos sensoriales. Así, pues, si no queremos caer en la posición sin salida de la negación de la teoría de la relatividad, deberemos reconocer que cualquier fenómeno del universo no está necesariamente vinculado a cualquier otro fenómeno por una cadena de causas y efectos, no está forzosamente ligado por una cadena de inter-

acciones. Hemos de asimilar la tesis de Lenin de que la causalidad sólo expresa de forma unilateral, fragmentaria e incompleta, el carácter general omnímodo de la conexión universal, que sólo es una pequeña partícula de ésta.

"Todo está ligado a todo"

¿Pero acaso el negar la interacción entre dos fenómenos —no sólo en forma directa, sino también indirecta— no significa que negamos la conexión universal entre todos los fenómenos sin excepción, que se niega la tesis de Lenin de que "todo está ligado a todo"? Hemos reconocido también que la causalidad y la interacción tienen lugar en sectores que de uno u otro modo, son inaccesibles a nuestra percepción directa. ¿No significa esto acaso el pasarse al lado del subjetivismo?

Pero tanto la primera como la segunda afirmación no dan motivo en modo alguno a sacar estas conclusiones.

La conexión general de los fenómenos de la naturaleza —el determinismo— no hay que entenderla de una forma simplificada, no dialéctica, como una dependencia obligatoria, directa o indirecta, de un fenómeno de la naturaleza respecto a otro fenómeno cualquiera. El determinismo se manifiesta también en relación con los fenómenos que no están ligados por una interacción tanto directa como indirectamente. A pesar de ello, no existen aisladamente, sino que pertenecen a un mismo mundo de materia única que se mueve en el espacio y en el tiempo. La materia es internamente contradictoria, inagotable, ni se crea ni se destruye. Se halla sometida a las leyes únicas de la transformación y la conservación.

La existencia de la causalidad no depende, en líneas generales, de las propiedades de nuestros sentidos: está determinada por la desigualdad dada más arriba y, en consecuencia, por el valor de la velocidad c de la luz en el vacío. Está determinada en una forma totalmente objetiva, independientemente del acto del conocimiento. Pe-

ro, ¿por qué el sector de la causalidad estricta "coincide" con el de las percepciones sensoriales palpables? Esto tiene su explicación en que nuestro órganos de los sentidos y sus funciones aparecieron como resultado de la evolución orgánica y social del trabajo —de la adaptación a las condiciones del macrocosmo. Así, por lo tanto, la existencia de la causalidad no depende de las propiedades de nuestros sentidos, sino, por el contrario, estas propiedades dependen de la existencia de la causalidad en el mundo de las dimensiones humanas.

La causalidad en la teoría cuántica y la dualidad de los microobjetos

Pero la física contemporánea ofrece, además, otras razones de peso para revisar críticamente la noción mecánica de la causalidad. Un número incalculable de experimentos realizados no sólo en los laboratorios, sino también en mucho mayor escala en la producción, ha demostrado irrefutablemente un hecho sorprendente. La energía emitida por un manantial lumínico cualquiera o la energía de las ondas electromagnéticas, así como la energía absorbida, se transmite en forma discontinua —por cuantos, es decir, por porciones aisladas $h\nu$, iguales al producto de la frecuencia ν por la constante extraordinariamente pequeña de Planck, h, que ya conocemos.

Los cuantos de energía emitidos por los átomos y moléculas son muy pequeños —su magnitud es del orden de 10^{-8} ergios; se precisan miles de millones de cuantos para elevar un miligramo a la altura de un centímetro. Así, pues, la radiación, aun cuando posee todas las propiedades de las ondas, se comporta como un flujo de partículas de luz —de fotones.

Por otra parte, innumerables experimentos han demostrado que el flujo de electrones y demás partículas de la substancia se comporta al mismo tiempo como si se tratase de ondas. Así por ejemplo, si un flujo de partículas atraviesa un pequeño orificio se produce una *difrac-*

ción, de forma análoga a lo que sucede cuando la luz pasa a través de un agujero pequeño: se infringe la propagación rectilínea del flujo de partículas (véase la fig. 9).

Por lo tanto, quedó irrefutablemente demostrada la dualidad de los microobjetos. Éstos son simultáneamente partículas (corpúsculos) y ondas continuas. Es claro que esta dualidad no tiene nada que ver con el dualismo —falsa doctrina filosófica, según la cual la existencia posee dos principios equivalentes: la materia y el espíritu. Las partículas y las ondas no son más que variedades de la materia *única*.

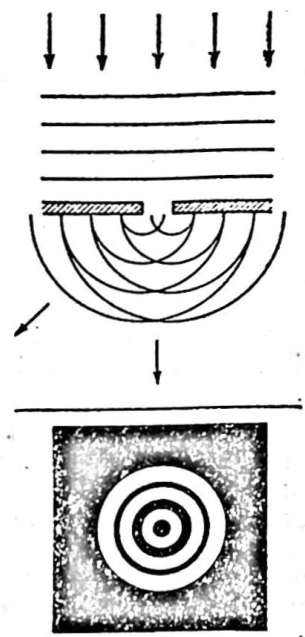


Fig. 9. — Difracción de las ondas

Al pasar a través de un pequeño orificio las ondas rectilíneas se transforman en esféricas divergentes. Su adición da el diagrama de difracción representado en la parte inferior del dibujo.

Precisamente de la naturaleza dual de los objetos del microcosmo se infiere que éstos, a diferencia de los macroobjetos, no poseen simultáneamente una situación y un impulso determinados. Por eso, tampoco se puede estimar al mismo tiempo ambas características con una exactitud dada cualquiera. Es precisamente esta cuestión la que los idealistas "físicos" plantean al revés. Ellos afirman que a los microobjetos no se les puede atribuir simultáneamente una posición y una velocidad exactas porque no se pueden medir con precisión al mismo tiempo. Pero de esto se deduce que con respecto al microcosmo, la ley de causalidad no puede ser aplicada en su antigua formulación mecánica.

En la naturaleza no hay magnitudes físicas infinitamente pequeñas, puntos geométricos que no ocupen un volumen espacial cualquiera, líneas geométricas que sólo posean una medida. En la naturaleza hay fotones, electrones y otras partículas elementales, hay determinadas porciones finitas de energía que se pueden hacer aun más "pequeñas". Al hacer esta afirmación no queremos decir, ni mucho menos, que estas partículas de substancia y cuantos de energía sean los últimos "elementos", imposibles ya de dividir aun más, de que está construida la materia. Pero si el límite de la disgregación mecánica son las moléculas y el de la descomposición química los átomos, en cambio, para aquellas formas del movimiento que la física moderna conoce, su límite está dado por las partículas elementales. Este límite no es una simple consecuencia del nivel alcanzado por la ciencia y la técnica. Está dado por las leyes cualitativamente distintas del universo en el "interior" de las partículas elementales.

Así, pues, por cuanto operamos no con "puntos materiales" (es decir, con puntos geométricos provistos de masa), sino con partículas reales, y por cuanto la energía se transmite mediante cuantos indivisibles, la ley de la causalidad en su forma primitiva sólo puede ser aplicada, hablando rigurosamente, a los sistemas de un número infinito de partículas. En los microsistemas formados por un número finito de partículas, aun cuando muy grande, sólo actuará de una forma aproximada. En lugar de partículas exactamente delimitadas que se mueven según órbitas perfectamente definidas, en la microfísica operamos con huellas diseminadas de partículas. En lugar de una determinación exactamente simultánea del lugar y de la velocidad de la partícula aquí sólo interviene la *probabilidad* del emplazamiento de la partícula en un lugar dado y la de que su velocidad sea una determinada.

La antigua definición de la causalidad en su aplicación a los fenómenos físicos del macrocosmo E_1 y E_2 se podría expresar así: supongamos que el fenómeno E_1 se inicia en el instante t_1 y termina en el T_1 y que el E_2 co-

mienza en el t_2 y finaliza en el T_2; entonces, E_1 será la causa del fenómeno E_2 si se cumplen las condiciones siguientes: 1) $t_1 < t_2$; 2) $T_1 > t_2$; 3) de E_1 a E, se transmite cierta energía. Por eso, si se conoce una ley que ligue ambos fenómenos, resultará que conociendo el fenómeno E_1 se puede calcular con un grado cualquiera de exactitud el fenómeno E_2 es decir, se puede predecir cuál va a ser el estado del macrosistema pasado un tiempo dado t.

Ahora, en cambio, la ley de la causalidad debe ser formulada de otro modo: el acontecimiento E_1 está dado con cierta probabilidad (o, lo que es lo mismo, con un error determinado) w_1. De aquí se puede, si se conoce la ley que relaciona E_1 con E_2, calcular que pasado un tiempo t sucederá el E_2 con una cierta probabilidad w_2. Así, pues, en la causalidad interviene ahora la *probabilidad*. O dicho de otro modo, la ley de la causalidad refleja ahora el que la *necesidad* incluye en sí la *casualidad*. Y esto se halla perfectamente de acuerdo con el materialismo dialéctico.

La probabilidad no es la "medida de las esperanzas"

A pesar de haber sido incluido lo probable en la causalidad, la ley de ésta no ha adquirido un sentido subjetivo. Esto sucede debido a que el concepto mismo de "probabilidad" expresa las relaciones objetivas de las cosas y no es, ni mucho menos, la "medida de las esperanzas" como afirman los idealistas "físicos". La probabilidad es la medida objetiva de la transformación de lo posible en real. La probabilidad de un acontecimiento cualquiera depende totalmente de las condiciones materiales en que se produce. Así, por ejemplo, la probabilidad de que salga un número cualquiera de 1 al 6 cuando se tiran los dados, es igual a $\frac{1}{6}$ (la teoría de las probabilidades tuvo su origen, históricamente, en el estudio de los juegos de azar). Para que esto suceda, el dado deberá presentar la forma de

un cubo geométrico perfecto, de material totalmente homogéneo, sin que la forma en que el dado se juegue dé predilección a una de las caras. Esta probabilidad es igual a $\frac{1}{6}$ independientemente de que esperemos no ya que salga una de sus caras, sino también de que lancemos o no el dado.

El concepto de probabilidad, lo mismo que todas las nociones vitales, científicas y reales, es internamente contradictorio. Su definición "clásica" señala que la probabilidad es la relación entre el número de casos favorables y el de los de idéntica posibilidad. Pero ya en el ejemplo del dado se ve que una perfecta "equivalencia de las posibilidades" supone una simetría ideal y, por lo tanto una semejanza total entre las caras del dado. En cambio, la posibilidad de distinguir un caso "favorable" (es decir, que salga una cara "determinada"), presupone la infracción de la simetría ideal del dado. La estimación estadística de la probabilidad se basa en la frecuencia de la aparición de casos favorables en una serie de acontecimientos que han sucedido ya. Sin embargo, esto también contiene un "círculo vicioso", puesto que supone la "falta de orden", la "carencia de regularidad" en esta serie. Pero estos mismos conceptos son probables por su naturaleza. Finalmente, la interpretación axiomática de la probabilidad describe únicamente las propiedades de ésta, pero no se refiere para nada a su naturaleza. Queda por dilucidar la cuestión relativa al carácter exhaustivo de los axiomas, acerca de si reflejan todas las propiedades esenciales de la probabilidad.

Los tres enfoques de la noción de probabilidad reflejan la probabilidad objetiva, pero todos ellos sólo reflejan parcialmente, en forma incompleta, el contenido real de la probabilidad como medida de la transformación de ésta en realidad. Para el desarrollo ulterior de este importante concepto desempeña un papel decisivo el desenvolvimiento de la noción de "posibilidad". Esta última pertenece a

las categorías de la lógica dialéctica cuya investigación está obligada a realizar nuestra filosofía, a fin de cumplir el legado leninista sobre la interpretación materialista de la dialéctica de Hegel y para no quedar en deuda ante los naturalistas.

Tres formas de estadística

Debe tenerse por cierto en cuenta, que una demostración irrefutable de que las leyes probables, estadísticas, de la física cuántica, son tan objetivas como las "dinámicas" de la física clásica nos la ofrece la misma física cuántica. Toda estadística parte de la estimación de los casos posibles para contestar luego a la cuestión de cuál de ellos se realiza con una u otra probabilidad. Pero resulta que este método de cálculo depende de la *naturaleza física* de los objetos que se estimen.

Pasemos a demostrar esto con un ejemplo sencillo. Si en un recipiente cerrado se mueven moléculas de gas, su

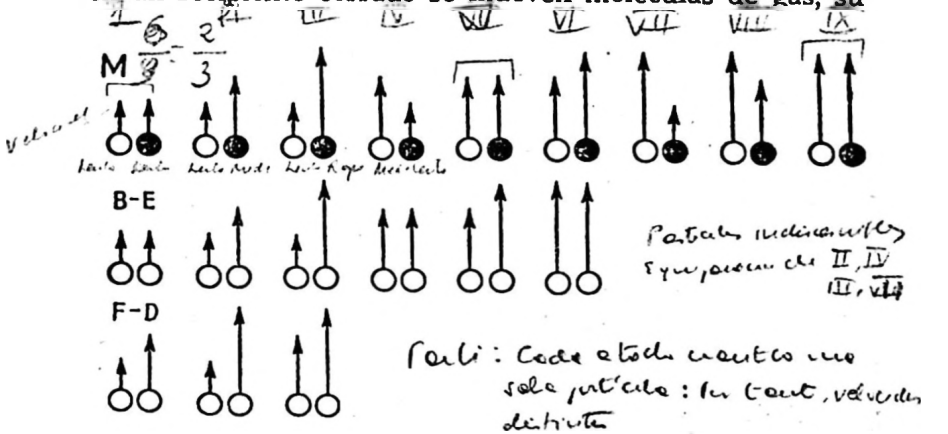


Fig. 10. — Tres tipos de estadística:
La de Maxwell (*arriba*), la de Bose y Einstein (*en el centro*) y la de Fermi y Dirac (*abajo*).

movimiento desordenado se rige por la estadística, cuyas leyes fueron determinadas por el físico inglés Maxwell ya en el año 1860. Tomemos nada más que 2 partículas. (En condiciones normales, el número de moléculas de gas contenidas en 1 cm^3. es igual a $2{,}7 \cdot 10^{19}$). Distinguiremos solamente 3 valores posibles de las velocidades: "lenta", "media" y "rápida". Las moléculas poseen todas las posibles velocidades que se apartan de la media. En este caso, según se ve en la fig. 10, sólo pueden darse 9 casos posibles. Salta inmediatamente a la vista que la más probable es aquella distribución de las velocidades para la que las de ambas partículas son distintas. Estos casos son 6. Por lo tanto, la probabilidad de esta distribución es igual a $\frac{6}{9} = \frac{2}{3}$.

Pero, según demostraron simultáneamente en 1924 el físico hindú Bose y Einstein, este método de cálculo no se puede aplicar a las partículas elementales. Merced a su naturaleza dual, los objetos del microcosmo están vinculados tan íntimamente unos a otros que individualmente no se diferencian. "No se puede colorear un electrón en rojo y otro en verde" —señalaba Einstein humorísticamente.

Gracias a esta falta de diferenciación, inherente a la naturaleza misma de las partículas elementales (que no tiene nada que ver con nuestra falta o no de capacidad para conocerlas), es imposible señalar *qué* partículas poseen la velocidad dada. Sólo se puede determinar *cuántas* partículas de éstas hay. Según puede verse en el dibujo, los casos posibles en el ejemplo que se considera son 6, mientras que aquellos en que ambos partículas se mueven a velocidades distintas son 3. Por lo tanto, la probabilidad de esta distribución será para las partículas elementales de $\frac{3}{6} = \frac{1}{2}$.

No obstante, no todos los tipos de partículas elemen-

tales se hallan supeditados a la estadística de Bose y Einstein. Ésta es aplicable a los fotones, a las partículas alfa y a otros núcleos atómicos formados por un número par de nucleones (de partículas nucleares). Pero, respecto a los electrones, positrones y núcleos atómicos de un número impar de nucleones se hace necesario aplicar otra estadística. Ésta fue creada en 1925 por el físico italiano Fermi y el físico inglés Dirac.

Estas partículas están sometidas a una ley, deducida aquel mismo año por el físico suizo Pauli, basándose en el análisis del sistema periódico de Mendeléiev. Según esta ley, denominada "principio de Pauli", en cada estado cuántico no puede haber simultáneamente más de una partícula. Como puede observarse en el dibujo, en nuestro ejemplo simplificado, los casos posibles son 3 y la probabilidad de una distribución tal de las velocidades, para la que ambas partículas se mueven a distinta velocidad, es de $\frac{3}{3} = 1$.

Así, pues, la estadística no depende del sujeto a quien interesa el conocimiento, sino que está dada por las propiedades del objeto físico.

Invenciones acerca del "indeterminismo" de la física cuántica

Los idealistas "físicos" hacen hincapié en que, según ellos, el renunciar a la noción clásica de la causalidad equivale a negar el determinismo. Repiten una y otra vez que es lo mismo que reconocer que en la naturaleza impera la casualidad "pura", sin nada que la condicione. Esta "deducción" se basa en la contraposición metafísica de la necesidad y la casualidad. La realidad es, según señalaba Lenin de acuerdo totalmente con lo expuesto por Marx y Engels, que las diferencias entre lo casual y lo necesario son relativas.

No existen fenómenos que sean únicamente casuales; tampoco hay fenómenos que sólo sean necesarios. Cual-

quier fenómeno es necesario en un sentido y casual en otro, y viceversa. Por eso, la transición del antiguo concepto de causalidad al nuevo no significa que la física se haya convertido en indeterminista. Por el contrario, significa que nuestros conocimientos se han hecho más profundos, que en las nuevas leyes físicas se tiene más en cuenta la gran diversidad de las conexiones del fenómeno que se considera con los demás fenómenos.

Los materialistas rechazan resueltamente las concepciones anticientíficas de los indeterministas, su negación de la condicionalidad de los fenómenos de la naturaleza, que llega, a veces, hasta las absurdas habladurías acerca del "libre albedrío" del electrón. "Expulsar las *leyes* de la ciencia, no significa otra cosa, en realidad, que *introducir las leyes de la religión*", escribía Lenin. Sin embargo, ciertos filósofos y físicos "refutan" el indeterminismo empleando medios falsos. En realidad (aun cuando no se dan cuenta) lo que hacen es partir de las mismas premisas subjetivistas que los indeterministas.

Éstos manifiestan que, por cuanto la microfísica predice únicamente los resultados posibles, estadísticos, de la interacción de los microobjetos, de esto se deduce que en el microcosmo reina la casualidad pura. Por otra parte, ciertos filósofos y físicos materialistas dicen: el que la microfísica no esté en condiciones de predecir los resultados individuales de la interacción se debe a la falta de consistencia de la teoría física contemporánea. Las leyes de las probabilidades, estadísticas, son leyes "temporales"; el progreso ulterior de la física traerá consigo el descubrimiento de las leyes individuales del movimiento de las micropartículas, toda casualidad quedará eliminada.

Pero, el razonar de este modo significa estar de acuerdo en que las leyes de las probabilidades son subjetivas: ¡resulta que son la consecuencia de nuestra ignorancia temporal! Razonar así significa también estar de acuerdo con la contraposición metafísica de la necesidad y la casualidad. La realidad es que la microfísica deduce las leyes de las probabilidades, por ejemplo, la ley del movi-

miento de los electrones. Estas leyes se diferencian de las leyes "dinámicas", no se parecen, por ejemplo, a la ley del movimiento de la pelota que ha recibido un impulso. El electrón no es una pelota de dimensiones reducidas, posee la naturaleza dual de partícula y de onda.

Estas leyes son probables no porque sean inexactas. Por el contrario, nos ofrecen datos extraordinariamente exactos acerca de la distribución de las probabilidades de todas las características del electrón en movimiento. Y son probables no porque hayan sido deducidas como la "media" de la observación de un enorme conglomerado ("conjunto") de partículas. Los experimentos realizados por los físicos soviéticos han demostrado que toda partícula elemental considerada aisladamente posee características corpusculares y ondulatorias simultáneamente.

Es indudable que en el futuro la física ha de descubrir cómo están "construidos" el electrón y las demás partículas elementales. Pero esto no significará que ha de retroceder a la física clásica, que situará exactamente al electrón en el espacio, que determinará exactamente su velocidad, que estimará exactamente su línea geométrica, su órbita, que sustituirá las leyes de la microfísica moderna.

La medición de los microobjetos

Los idealistas "físicos" basan uno de sus argumentos de "más peso" en favor del subjetivismo en el carácter especial del proceso de la medición en la microfísica. Su razonamiento es el siguiente: respecto al macrocosmo, la física clásica consideraba que la medición se puede efectuar con la exactitud que se desee. Por ejemplo, para medir la temperatura del agua, se introduce en ésta un termómetro. Bien es verdad que éste no nos marca la temperatura del agua antes de haber introducido en ella el instrumento, sino la del sistema formado por el agua más el termómetro. Debe tenerse en cuenta que éste poseía, posiblemente, una temperatura distinta a la del agua y

sólo después de haberlo introducido, ambas temperaturas —la del agua y la del termómetro— se han igualado.

La física clásica considera que este error, motivado por la intervención del instrumento de medición en el proceso que se estima, puede ser, en principio, eliminado. Basta únicamente con perfeccionar el termómetro, hacerlo suficientemente pequeño en comparación con el volumen del agua que se mide para reducir tanto como se quiera el error de la estimación; en el límite, este error es igual a cero.

Otra cosa es lo que sucede con la medición de los microobjetos. Por ejemplo, para determinar el comportamiento de un electrón hay que iluminarlo con un haz de luz; pero ésta influye sobre el electrón, modifica su posición en el espacio, así como su velocidad. Por eso, al reflejarse en el electrón, la luz nos transmite unos datos que no nos dicen cómo era el electrón antes del experimento, sino cómo ha quedado después de la alteración originada por la medición.

Y he aquí que a diferencia del caso precedente, este error no se puede eliminar: por mucho que perfeccionemos nuestros medios de medición, el haz de luz no puede transmitir al electrón una acción inferior a un cuanto de acción *h*. La relación de indeterminación —tesis fundamental de la física cuántica— nos enseña esto. Por lo tanto, en este caso, el proceso de estimación no puede ser totalmente aislado del proceso que se mide. De esto se deduce, concluyen los idealistas "físicos", que la objetividad del electrón es dudosa, que el microcosmo posee una realidad más "débil" que el macrocosmo.

Pero, la realidad es que esto carece totalmente de fundamento. Actuemos o no sobre el electrón durante el proceso de la estimación, la respuesta a la cuestión "¿existía el electrón antes del hombre?" continúa siendo la misma: "¡Sí, existía!" Y esto significa que el electrón existe objetivamente, posee una realidad tan "intensa" como la Tierra, que existía también antes que el hombre y su conciencia.

No se debe confundir la cuestión de la existencia objetiva y real de los microobjetos con la de la separación incompleta del proceso de la estimación respecto al proceso que se mide. Esto deben tenerlo muy en cuenta no sólo los idealistas "físicos". Ciertos filósofos materialistas al refutar las "conclusiones" subjetivistas que se sacan en relación con las peculiaridades de la medición de los microobjetos, llegan a negar esta misma peculiaridad. Llegan (sin fundamento alguno) a considerar errónea la afirmación de que en la física cuántica la estimación no se puede aislar por completo del proceso que se mide. Pero es un hecho irrefutable la separación incompleta de la estimación respecto al proceso de los microobjetos que se miden. Es una consecuencia de la naturaleza dual de estos microobjetos. La tentativa de negarla tiene su origen en el deseo de ciertos materialistas simplistas de conservar en los microobjetos, aun cuando sólo sea en forma disimulada, las propiedades sensoriales palpables de la macrofísica de los "buenos y viejos tiempos" en que todo era tan "simple y tan comprensible".

¡Pero no deja de ser un escarnio para semejante simplismo metafísico el que precisamente los idealistas "físicos", que basan sus conclusiones en la imposibilidad de aislar totalmente de los microobjetos el proceso de la medición, identifiquen también con este fin los microobjetos a los macroobjetos! Comienzan por atribuir al electrón la existencia simultánea de una coordenada y de un impulso exactos (que en realidad no tiene) y luego determinan experimentalmente la imposibilidad de su medición simultánea. Después, "deducen" de esto que el electrón es incognoscible. El electrón es, evidentemente, cognoscible, pero no bajo la forma de una macropartícula, cosa que no es, sino bajo la forma de partícula y onda. De aquí que los conocimientos que tenemos del electrón nos permitan ya ahora, con una exactitud que supera a la ponderada exactitud astronómica, predecir procesos en los que intervienen los electrones.

"La tesis de la observación como principio"

Frecuentemente, los idealistas "físicos" presentan sus conclusiones agnósticas bajo la forma de "tesis" especiales: la "tesis de la observación como principio" y el "principio de complementariedad".

El primero dice que toda teoría física deberá construirse basándose sólo en aquellos conceptos que corresponden a magnitudes que pueden ser estimadas, aun cuando sólo sea en principio. Por sí sola, ésta es, indudablemente, una afirmación materialista y progresiva; es una generalización de la experiencia. La teoría de la relatividad ha eliminado de la física de las grandes velocidades, magnitudes inobservables tales como, por ejemplo, la "distancia espacial" y el "intervalo temporal", y las ha sustituido por el "intervalo espacio-tiempo", perfectamente estimable. Así, por ejemplo, la teoría de los cuantos ha eliminado de la microfísica una magnitud tan imposible de observar como es la "órbita del electrón" y la ha sustituido por la del "estado cuántico", estimado con una exactitud del orden de 10^{-8} ergios. No nos corresponde a nosotros, materialistas dialécticos, poner en duda esta tesis. Pero sí es evidente que debemos manifestarnos decididamente en contra cuando esta tesis se eleva a la categoría de "principio", cuando de esto se deduce que las magnitudes en principio observables, en las que se basa la teoría dada, son las últimas, las definitivas, que esta teoría actual es una verdad en última instancia.

¿Qué representan en la física los "principios"?

La afición a introducir en la ciencia "principios" considerados como tesis que no sólo son el fundamento mismo de la ciencia, sino que, además, preceden a sus leyes, es una manifestación del apriorismo de Kant. Al patentizar nuestra disconformidad con él no negamos, ni mucho menos, que en la física existan principios a ella inherentes, en el sentido de las leyes "supremas" más generales. Pe-

ro su introducción en la física no se debe a la "razón pura", sino que han surgido como las generalizaciones más amplias y universales de las leyes especiales de la física. De aquí el que sean también expresión de las leyes del materialismo dialéctico. A su vez, estas leyes son también la generalización de los resultados obtenidos por las ciencias aisladas.

Uno de estos principios se puede considerar que es, por ejemplo, la ley de la conservación y transformación de la energía, a la que Engels denominó "ley absoluta de la naturaleza". Entre ellos se cuenta también el principio del mínimo esfuerzo, así como el de correspondencia, según el cual, las teorías generalizadoras incluyen en sí las teorías especiales como caso límite. De aquí que su enunciado no sea eterno, invariable; no deben transformarse en algo absoluto que impida el ulterior desarrollo de la ciencia.

El "principio de complementariedad"

Esto mismo sucede con el "principio de complementariedad" de Bohr. Respecto al microcosmo existen dos clases de instrumentos que miden las características, mutuamente excluyentes, de los microobjetos (de los electrones, por ejemplo), tales como las coordenadas y el impulso. Poner esto en duda equivale a quedar en ridículo. En este sentido, las coordenadas y el impulso, así como la energía y el tiempo, son complementarios.

Pero, sacar de este hecho de la complementariedad la conclusión, y esto es precisamente lo que hacen los idealistas "físicos", de que el electrón es incognoscible o no existe en la realidad, de que es únicamente el instrumento el que da forma y crea su realidad, significa poner de manifiesto la extrema estrechez de miras de su pensamiento filosófico. Existen bromistas que el primero de abril ruegan a un amigo que les encuentre una cosa cualquiera en un lugar donde de antemano saben que no puede estar, para después fingir conmiseración por su in-

capacidad para encontrarla. A ciencia cierta se sabe que en el electrón no existen conjuntamente estas características complementarias. ¡Cómo es posible, pues, buscarlas en él y lamentarse encima de nuestra incapacidad de conocimiento!

Ni que decir tiene que la extensión a todo lo existente de la complementariedad como principio general, incluidos los fenómenos sociales, carece totalmente de base. En el discurso pronunciado en el año 1955 en la Conferencia atómica de Ginebra, Bohr manifestó que la "independencia nacional" y la "coexistencia pacífica de los pueblos", lo mismo que la "igualdad social" y el "libre albedrío" son ejemplos de nociones "complementarias". Pero cualesquiera que fuesen las buenas intenciones subjetivas de Bohr al afirmar esto, las manifestaciones de este tipo no sólo son absolutamente falsas, sino que, objetivamente, sólo pueden servir a las fuerzas sociales reaccionarias.

Dos errores peligrosos

En la física, lo mismo que en cualquier otra ciencia, hay que desconfiar de dos enfoques del conocimiento adquirido que son idénticamente nocivos. En uno se considera que la teoría presente es tan aproximativa y limitada que no es capaz de un ulterior desarrollo, que no es capaz de ofrecer nada que ayude a prever el futuro. Se trata del famoso concepto "ignoramus et ignorabimus" ("ni sabemos ni sabremos"). Este concepto frena el desarrollo de la ciencia, pero este desarrollo de todos modos desmiente, a cada paso, tal concepto, transformando con sus descubrimientos lo temporalmente desconocido en conocido. En el otro ángulo de enfoque se supone que la teoría actual es tan exacta y universal que no necesita desarrollo ulterior alguno: por sí sola puede dar una solución definitiva a todas las cuestiones de su rama. Esto es una manifestación de la pedantería de aquellos científicos a quienes los éxitos obtenidos les han hecho perder la cabeza. Este pun-

to de vista frena también el desarrollo de la ciencia, pero es refutado por el progreso mismo de ésta, ya que los nuevos descubrimientos hacen que varíen las teorías.

Tanto en un caso como en otro, el desarrollo de la ciencia confirma la doctrina leninista sobre la correlación entre la verdad absoluta y la relativa en el conocimiento, sobre la aproximación ilimitada a la realidad durante el proceso del conocimiento; al mismo tiempo, confirma que no hay teoría alguna capaz de agotar la infinita diversidad de esta realidad.

La posibilidad de expresar las leyes de la naturaleza mediante leyes matemáticas exactas origina en ciertos naturalistas y filósofos la ilusión de que la ley rectora, lógica, es dictada desde fuera a la naturaleza. Pero, la verdad es que en la naturaleza no existe necesidad absoluta, lógica, matemática o filosófica que le sea impuesta externamente. Sus leyes, según señalaban tanto Marx como Engels y Lenin, se abren paso entre una serie infinita de casualidades cuya apariencia es tan absoluta como la necesidad misma.

Los principios de variación y la orientación hacia un fin

La manifestación más intensa de esta ilusión está relacionada con los llamados principios físicos de la variación. Está demostrado que cualquier sistema físico varía de tal modo que la magnitud S, llamada acción y determinada como el producto de la energía L por el tiempo t, posee una magnitud mínima.

De este principio general se pueden deducir las ecuaciones del movimiento de los macrocuerpos, micropartículas y campos. De él se desprende, por ejemplo, que una bola que ruede sobre una superficie curva bajo la acción de la fuerza de la gravedad se moverá según la línea más corta en esta superficie, por la llamada curva geodésica. De él se deduce también el principio, descubierto alrededor del año 1660 por el matemático francés Fermat, de que un rayo de luz que se propague de un punto a otro segui-

rá el camino por el que necesite emplear un tiempo mínimo en comparación con cualquier otro camino geométricamente posible.

¿Pero, cómo puede una bola "saber" de antemano, al dirigirse del punto *A* al *B*, que la línea dada es precisamente la más corta? ¿O bien, cómo puede el rayo de luz "elegir" entre todos los caminos posibles aquel para el que se necesita el mínimo de tiempo? El admitir esto equivale a reconocer que en la naturaleza los procesos se realizan con un fin determinado (independientemente de que "alguien" establezca cada vez este fin o de que lo haya impuesto "inicialmente" en la naturaleza), es decir, aceptar el punto de vista de la teleología. Pero ésta es incompatible con la ciencia, y no es más que una fiel servidora de la religión.

La ley científica, la que analiza las causas, halla la explicación de este fenómeno en el pasado, en las condiciones que lo originaron, por lo que está en condiciones de prever su futuro. En cambio, la teleología "explica" el fenómeno dado por el futuro, por la finalidad a que, según aquélla, tiende, por lo que es incapaz de explicar o de prever nada.

¿Cuál es, pues, la causa de que los principios físicos de variación creen una apariencia de orientación hacia un fin? Cuando nos enfrentamos en la naturaleza viva con un ejemplo de sorprendente finalidad, ésta no nos mete en un atolladero sin salida. Fácilmente comprendemos que, por ejemplo, la abeja da a las celdillas del panal la forma que exige un mínimo de cera y es capaz de contener un máximo de miel, sin que conozca el cálculo diferencial. La abeja construye en una forma instintiva, inconsciente, merced a una facultad innata. Y el que las celdillas posean la forma más racional no es debido a que así haya sido predeterminado. Las abejas la adoptaron gracias a la adaptación, elaborada y fijada durante el proceso de la evolución de los organismos.

¡Pero, el movimiento de un cuerpo en un campo de gravitación o la propagación de la luz no ha podido llegar

a ser el más "económico" como resultado de la adaptación a consecuencia de la mutabilidad y la herencia! ¿Cómo explicar esto?

En lo que se refiere a la luz, la dificultad se resuelve fácilmente. Los rayos luminosos son líneas perpendiculares al frente de la propagación de la onda luminosa. Éstos se utilizan en la óptica geométrica para simplificar los cálculos. Si se nos ocurre considerar la propagación de la luz de un punto a otro como una propagación de ondas luminosas, veremos que el principio de Fermat, acerca del tiempo mínimo de la propagación se manifiesta por sí solo. Resulta que en esto no hay causa final alguna, que no existe nada determinado de antemano. El camino más corto en el tiempo es el resultado de un número infinito de movimientos ondulatorios intermedios en el intervalo correspondiente.

¿Pero, cómo explicar el que la bola "elija" la línea más corta? En 1924, el físico francés de Broglie expuso la hipótesis de que cualquier partícula de masa m que se mueva a una velocidad v está ligada a una onda de longitud λ, cuya magnitud está determinada por la fórmula:

$$\lambda = \frac{h}{mv}.$$

Esta hipótesis se vio totalmente confirmada por los experimentos. Y aun cuando durante el movimiento de los macrocuerpos, la longitud de onda λ es muy pequeña, la indisoluble ligazón entre sus partículas componentes y la onda permite explicar, sin necesidad de recurrir a finalidad alguna de las cosas, por qué también los macrocuerpos están sometidos al principio de la acción mínima. Así, pues, la física contemporánea, que ha puesto al descubierto el carácter dual, internamente contradictorio de la estructura de la materia, ha eliminado de la ciencia las últimas huellas de las nociones idealistas sobre los fines, los designios, impuestos desde fuera a la naturaleza por la necesidad absoluta.

De la expresión de la longitud λ de las "ondas de la materia", de la ley de la equivalencia de la masa y la energía de Einstein y de la relación de Planck $E = h\nu$ (en donde, ν es la frecuencia) se deduce que la velocidad de fase $u = \lambda\nu$ de estas ondas está ligada a la velocidad v de la partícula por la ecuación:

$$uv = c^2.$$

Pero la velocidad v de la partícula es siempre menor que la velocidad límite c. De esto se deduce que la velocidad de fase u de las "ondas de la materia" es siempre mayor que c. O dicho de otro modo, la velocidad c es el nudo que une ambas variedades cualitativas de la materia: partículas y ondas.

La significación de las analogías matemáticas

La posibilidad de expresar matemáticamente las leyes de la naturaleza no demuestra, ni mucho menos, que estas leyes hayan sido creadas por la inspiración "libre" de la inteligencia humana. Por el contrario, esta posibilidad demuestra que, debido a su unidad material, en la misma naturaleza existen relaciones cuantitativas y formas espaciales, comunes a todas las variedades cualitativas de la materia. Son aquéllas precisamente las que permiten a nuestro entendimiento abstraerse de las cualidades de las cosas y procesos materiales, representarlos unilateralmente bajo la forma de unos u otros conceptos matemáticos, vínculos funcionales, ecuaciones diferenciales, etc. "La unidad de la naturaleza —escribía Lenin— se manifiesta en la «asombrosa analogía» de las ecuaciones diferenciales que se refieren a los diferentes órdenes de los fenómenos"[1]. Y Lenin cita la idea de Boltzmann: "Las mismas ecuaciones pueden servir para resolver las cuestiones de

(1) *V. I. Lenin*, "Materialismo y empiriocriticismo", pág. 321, Ediciones Pueblos Unidos, Montevideo, 1959.

la hidrodinámica y para explicar la teoría de las potenciales. La teoría de los remolinos y la del rozamiento de los gases («Gasreibung») tienen una chocante analogía con la teoría del electromagnetismo, etc."[2].

El método de los modelos, la automatización y la cibernética

Estas sorprendentes analogías, que no pasaron inadvertidas a la aguda visión de Lenin, adquieren cada vez mayor significación. Ellas ofrecen a las ciencias naturales un potente método para investigar los fenómenos, y, a la técnica, para regular los procesos de la producción y el transporte. Se trata del método de investigación con modelos de algunos procesos (por ejemplo, la filtración de agua a través de una presa) utilizando otros (los electrodinámicos, por ejemplo). Se basa en que ambos fenómenos, de distinto contenido físico, son cuantitativamente análogos, por lo que pueden ser descritos por idénticas ecuaciones matemáticas.

Hace cien años, Marx descubrió la ley fundamental del desarrollo de la técnica, según la cual, ésta libera cada vez más al hombre de su participación directa en la producción; su desarrollo se efectúa en el sentido de una automatización siempre creciente; se emplean en ella enormes velocidades, presiones, temperaturas, etc. Esto obliga al hombre a trasladar a las máquinas automáticas el cumplimiento de las funciones de su propio cerebro: atención, memoria, resolución de complicadísimos problemas matemáticos y lógicos. Y, finalmente, se lleva a feliz término una antigua ilusión: el hombre lanza con éxito autómatas al cosmos para realizar en éste observaciones científicas.

Son precisamente las analogías cuantitativas y estructurales, basadas en la unidad matemática de la naturaleza, de la cual es también parte integrante su más perfecta realización en nuestro planeta, el cerebro humano, las que

(2) *Ibídem.*

han hecho posible el surgimiento de la *cibernética*. Se trata de la ciencia acerca de los sistemas autodirigidos de cualquier naturaleza: mecanismos y organismos animados, así como agrupaciones colectivas de unos y otros. Y aun cuando su existencia sólo se remonta a 10 años, por lo que, evidentemente, aún no ha podido formarse por completo, abre ante nosotros magníficas perspectivas que se verán realizadas en la sociedad comunista. Cada vez se facilitará más, no sólo el trabajo físico, sino también el trabajo mental monótono, y será mayor cada vez el tiempo libre para emplear en la labor creadora. Y serán cada vez mayores nuestras posibilidades para comprender más profundamente las leyes de nuestro propio organismo. Descubrir la transmisión de sus propiedades y aptitudes a lo largo de la cadena de las generaciones, descubrir el trabajo de nuestro cerebro y el pensamiento mismo, obtener cada vez mayores posibilidades de eliminar las infracciones y fallas en los procesos de la vida, ¿no es acaso un gran objetivo, cuya realización pone a nuestro alcance la cibernética interactuante con la biofísica, la bioquímica, la física y la psicología?

En "Materialismo y empiriocriticismo", Lenin escribía que la capacidad de percibir sensaciones, es decir, de transformar la energía de la excitación externa en el hecho del conocimiento es un producto de la materia organizada. Esta propiedad sólo la poseen de un modo manifiesto las formas superiores de la materia orgánica. Pero Lenin expuso la idea de que se puede suponer la existencia de una propiedad análoga a la sensorial en el proceso de la evolución, de la adaptación progresiva a las condiciones del medio externo. El hombre, que es un producto del trabajo y ha creado un nuevo medio artificial, la técnica, ha puesto ésta entre la sociedad y la naturaleza. Y esta capacidad de percibir sensaciones se ha desarrollado en el hombre desde el nivel más bajo hasta el pensamiento abstracto. Se basa en los procesos fisiológicos, en la transmisión de excitaciones a través de las fibras nerviosas y su reelaboración en el cerebro. Las leyes de estos procesos fueron descubiertas en la doctrina de los reflejos condicionados,

creada por I. P. Pávlov con el trabajo de toda su vida a lo largo de 45 años, a partir del año 1891. En 1916, el biofísico P. P. Lázarev creó una nueva teoría de las excitaciones. Y en 1934, el fisiólogo soviético P. K. Anojin expuso la idea del papel que desempeña la aferentación, "la contrarreacción", que da la señal al cerebro acerca de los resultados de las acciones del organismo sobre el medio externo.

Los mecanismos "inteligentes" no piensan

Existe una analogía cuantitativa y estructural entre las leyes de estos procesos fisiológicos y las electrodinámicas, en la naturaleza inorgánica en general y en los autómatas en particular. Pero esto no significa, ni mucho menos, que los mecanismos sientan, comprendan, piensen, etc. Creados por el hombre, supeditados a sus fines, aun los mecanismos más "inteligentes" sólo pueden imprimir signos o emitir ruidos. Y únicamente el hombre es capaz de interpretar estos signos o ruidos como palabras con el sentido de conceptos. Por eso, aquí no puede hablarse en ningún caso de "reducción" de los procesos psíquicos y biológicos a procesos físicos.

Pero, lo mismo que sucedió en otros casos de grandes descubrimientos científicos que provocaron una revolución en los conceptos, la filosofía reaccionaria ha intentado utilizar a la cibernética como testimonio de la identificación del ser con la conciencia. Ha presentado a los mecanismos calculadores como un pequeño "cerebro electrónico" y al cerebro humano como una complicada "máquina calculadora". Y el caso es que ciertos filósofos materialistas se dieron prisa, sin pararse a pensar, en calificar de superchería, no estas opiniones, sino la misma cibernética, y la pusieron en la picota como "pseudociencia". Pero la verdad es que, con su misma existencia, la cibernética demuestra que las leyes de la naturaleza son únicas, ya que son objetivas, materiales, y que son cognoscibles por el hombre, puesto que él mismo se halla subordinado a ellas y es capaz de utilizarlas en su provecho.

5. LOS DATOS ACTUALES ACERCA DE LA ESTRUCTURA DE LA MATERIA

En 1913, Lenin escribía que "los novísimos descubrimientos de las ciencias naturales —el radio, los electrones, la transformación de los elementos— confirmaron brillantemente el materialismo dialéctico de Marx, a pesar de las doctrinas de los filósofos burgueses con sus «nuevos» retornos al viejo y podrido idealismo". Siguieron a esto nuevos y grandes descubrimientos, todos nuestros conocimientos actuales de las leyes del mundo atómico y, lo que es más importante, el increíblemente *creciente poderío práctico sobre la naturaleza* que estos conocimientos ponen a nuestro alcance. Todo esto ha confirmado con fuerza aun más poderosa el materialismo dialéctico, bajo el aspecto, correspondiente a la nueva época, que Lenin le dio.

El idealismo, ya sea subjetivo u objetivo, es imposible de demostrar tanto teórica como prácticamente. El idealista subjetivo afirma que el mundo existe en su conciencia, en su "yo". Por eso, si desea ser lógicamente consecuente, sin recurrir a subterfugios, no puede reconocer la existencia de otros "yo". Inevitablemente cae en el solipsismo, sostiene puntos de vista que ni una sola persona que se halle en la plenitud de sus facultades mentales es capaz de defender.

Peor es aun la situación en que se encuentra el idealista objetivo. Para él, toda la existencia está concentrada en la "conciencia supraindividual", en la "razón universal" o en el "espíritu universal", en "Dios". ¿Pero, cómo demostrar la existencia de este "espíritu"? Si el idealista subjetivo puede, por lo menos, referirse a sus propias sensaciones, para el idealista objetivo hasta este argumento es inaceptable. No es, pues, de extrañar que todas las "demostraciones", traídas por los pelos, de la existencia de la "idea absoluta", del "espíritu" o de "Dios" hayan resultado ser totalmente infundadas. En fin de cuentas, el idealismo objetivo, que representa en sí, lo mismo que el idealismo subjetivo, sólo una forma refinada del fideísmo,

renuncia a los argumentos de la razón, llegando al misticismo, a la tesis de "credo, quia absurdum est" ("creo porque es absurdo").

Pero, según señalaba en 1769 el materialista francés Diderot, para refutar el idealismo y demostrar la veracidad del materialismo no bastan por sí solos los argumentos y deducciones de la lógica. A este respecto, Lenin observa: "...no se trata aquí de argumentos teóricos". El planteamiento, desligado de la práctica, de la cuestión de si corresponde al pensamiento humano la verdad objetiva significa caer en la escolástica. Ya en 1845, en sus "Tesis sobre Feuerbach", Marx planteó que el criterio de la verdad es la práctica, con la particularidad de que Marx entendía por práctica toda la actividad histórica y, ante todo, la producción de bienes materiales por la humanidad.

Al plantear el criterio de la práctica como base de la teoría del conocimiento, Marx y Engels realizaron la mayor revolución que hasta ahora se conoce en la filosofía. Pues, lo cierto era que, hasta entonces, la filosofía sólo había intentado explicar especulativamente el mundo, sin poder modificarlo activamente. En cambio, a partir de entonces, la filosofía del marxismo se unió al movimiento revolucionario, se convirtió en una fuerza material. El éxito de nuestros actos demuestra, precisamente, la correspondencia de nuestras nociones con la realidad objetiva de la naturaleza y la sociedad; es precisamente la práctica la que hace posible separar las ilusiones de la realidad. Pero Lenin hizo especial hincapié en que la práctica confirma tan imperfectamente nuestras concepciones que no las permite transformarse en teorías "absolutas", acabadamente estereotipadas. Sin embargo, subrayaba que es suficiente para refutar el idealismo y el agnosticismo. "Si lo que confirma nuestra práctica —escribía— es la verdad única, última y objetiva, de esto hay que reconocer como única senda que conduce a esta verdad, el camino de la ciencia encauzado según el punto de vista materialista".

La práctica de la física confirma el materialismo

Los progresos de la novísima física han obtenido en la técnica la más amplia aplicación práctica. Sólo gracias a ellos, la metalurgia contemporánea ha podido crear nuevas aleaciones que poseen propiedades dadas, han podido surgir nuevas ramas completas de la industria química. Son precisamente los éxitos de la física los que han dado vida a la radio y a la televisión, a los mecanismos calculadores electrónicos y a los dirigidos automáticamente, a las centrales de energía atómica y a la radiomedicina. Los grandes adelantos de la ciencia soviética han permitido iniciar la conquista del cosmos.

Es posible que el incremento colosal del poder del hombre sobre los elementos de la naturaleza, alcanzado durante este último cuarto de siglo, quede caracterizado con mayor elocuencia que con cualquier otro tipo de razonamientos con una sola cifra: la energía que se obtiene durante la desintegración atómica supera en 3 millones de veces a la obtenida en la combustión de esta misma masa de substancia. Y cuando se logre, (y ya estamos cerca de ello) controlar el proceso de la síntesis nuclear, las reacciones termonucleares, la humanidad se habrá liberado para siempre de la preocupación de buscar nuevos manantiales de energía que vengan a sustituir a los que se agotan. Esta conquista de la materia a un ritmo cada vez más acelerado, y cuyos frutos entran a formar parte tan rápida y sólidamente de nuestra existencia cotidiana que hasta nos pasan inadvertidos, es una confirmación irrefutable del materialismo dialéctico.

El atomismo contemporáneo

Caractericemos ahora brevemente los datos actuales acerca de la estructura de la materia. La materia posee una estructura atómica, granular, discontinua. Está formada por partículas aisladas de diverso grado de pequeñez: por partículas elementales, átomos, moléculas y sus con-

glomerados (por micelas y partículas coloidales), por planetas, estrellas y sus sistemas, galaxias y metagalaxias.

A las formas discontinuas se hallan inseparablemente unidas las continuas. Se trata de diversos tipos de campos: electromagnético, el creado por el electrón y el positrón, el mesónico, el debido a los nucleones (nuclear). Independientemente de su naturaleza, todas las partículas poseen propiedades ondulatorias. Y por otra parte, todo campo continuo es, al mismo tiempo, una asociación de partículas.

Únicamente para el campo más corriente, más difundido —el campo gravitatorio— no se ha logrado hasta ahora determinar si posee también características discontinuas junto con las continuas, si existen unas partículas especiales de la gravitación, los "gravitones".

Los átomos de los elementos químicos están formados por núcleos cargados positivamente y por capas electrónicas de carga negativa. El núcleo del átomo del elemento más ligero —el hidrógeno— está formado por una partícula de carga positiva, por un protón. Se trata de una partícula pesada, su masa en reposo viene a ser 1840 veces la masa del electrón (la de este último se ha adoptado como unidad de masa en la física atómica).

Los núcleos de otros átomos se componen de protones y neutrones, junto con los llamados nucleones. El neutrón es una partícula eléctricamente neutra, su masa se diferencia muy poco de la del protón. La idea acerca de la composición de los núcleos atómicos por protones y neutrones fue ya dada a conocer en 1932 por el físico soviético D. D. Ivanenko, y fue después confirmada experimentalmente. Durante los años que van de 1934 a 1936 se pusieron los cimientos de la teoría de las fuerzas nucleares específicas, merced a las investigaciones de los científicos soviéticos I. I. Frenkel, I. E. Tamm y de los físicos Yukawa, Heisenberg, Bohr y otros.

El átomo de Bohr

En su primera aproximación, la estructura del átomo se puede representar bajo la forma del modelo planetario de Bohr: los electrones giran alrededor de un núcleo de gran masa. Pero, a diferencia de los principios de la mecánica clásica, los electrones no pueden moverse alrededor del núcleo según órbitas cualesquiera. Sólo se mueven según ciertas órbitas, las "posibles", en dependencia de la cantidad de energía del átomo, que únicamente puede aumentar o disminuir a saltos, en forma discontinua. Además, también a diferencia de las nociones de la electrodinámica clásica, mientras el átomo se encuentra en estado estable, estacionario, mientras sus electrones giran cada uno por una de las órbitas "posibles", no irradian luz. El electrón solamente irradia luz cuando salta de una órbita "posible" (más alejada del núcleo) a otra (más cercana al núcleo atómico) (fig. 11).

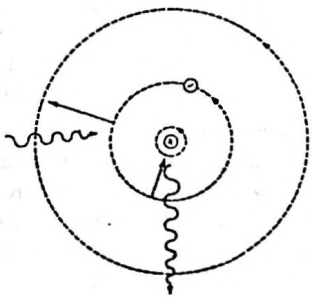


Fig. 11. — Modelo del átomo de Bohr.

El electrón, después de haber absorbido un cuanto, salta a una órbita más alejada del núcleo. Por el contrario, una vez emitido un cuanto, el electrón pasa a una órbita más cercana al núcleo.

Este modelo permitió explicar un fenómeno como el de la emisión por el átomo de rayas espectrales características únicamente de él. Pero, para que se pudiese dar una interpretación a otras leyes importantes de los espectros fue necesario hacerlo cada vez más complejo. En fin de cuentas llegó a tomar la forma siguiente: 1) los electrones no se mueven según círculos, sino según elipses, cuya magnitud no es arbitraria, ya que depende de la energía del movimiento del electrón; puesto que esta última varía por cuantos, también estarán "cuantificadas" las dimen-

siones de la elipse; 2) la elipse misma gira a una velocidad determinada, por lo que la órbita del electrón forma lazos, siendo también este movimiento cuantificado; 3) los electrones no giran en un mismo plano, sino en distintos, pero solamente en ciertos, en los "posibles"; 4) el mismo electrón parece "girar" alrededor de un eje: posee un momento mecánico propio, el llamado *espín*, y, por consiguiente, también momento magnético; el espín está expresado por magnitudes especiales: los espinores, para los que se ha creado un cálculo matemático especial; este movimiento está también cuantificado.

El espín del electrón sólo puede tener uno de dos valores y ser igual ora a $+\frac{1}{2}$ ya a $-\frac{1}{2}$, es decir, la "rotación" del electrón se puede producir ora en el sentido del campo magnético, ora en el opuesto. Como unidad de estimación del espín se toma la magnitud $\frac{h}{2\pi}$; ésta es igual al espín del fotón.

Por lo tanto, el movimiento posible del electrón en el átomo está determinado por cuatro números enteros (cuánticos). Según el principio de Pauli, del que ya hemos hablado, en dos electrones de un mismo átomo, estos cuatro números no pueden coincidir totalmente: por lo menos uno de los números cuánticos deberá tener en ellos distintos valores.

Sin embargo, tampoco esta complicada representación del átomo explica el movimiento del electrón en átomos más complejos, de modo que se obtuviese una correspondencia cuantitativa con los experimentos. No podía explicar la sorprendente estabilidad del átomo. Con tanto mayor motivo era incapaz de dar una explicación a la formación de moléculas a partir de los átomos, por ejemplo, moléculas de hidrógeno a partir de dos átomos eléctricamente neutros de hidrógeno. Todo esto es debido a que en el modelo de Bohr, los electrones se consideraban como

pequeñas partículas de substancia que conservaban, en lo fundamental, todas las propiedades mecánicas, clásicas.

Los idealistas "físicos" se alegraron antes de tiempo

Las dificultades con que tropezó el modelo de Bohr fueron inmediatamente incorporadas, naturalmente, al armamento del idealismo "físico". Así, según este modelo, la frecuencia ν de la radiación, al saltar un electrón de una órbita lejana a otra más cercana, depende tanto de la energía E_1 de la órbita lejana como de la energía E_2 de la cercana, según la fórmula:

$$E_1 - E_2 = h\nu$$

Pero, de acuerdo con las nociones clásicas, esta frecuencia está ya determinada por su aceleración en el instante en que el electrón abandona su órbita inicial.

Surge la cuestión, ¿de dónde puede "saber" el electrón a qué órbita tiene que saltar y, por lo tanto, qué frecuencia puede irradiar? La teoría de Bohr no podía contestar a esta pregunta. ¡Y de aquí, ciertos físicos llegaban a la "conclusión" de que el electrón "resuelve" por sí mismo desde un principio a qué órbita debe saltar! Basándose en esto proclamaron que en el mundo físico impera el "libre albedrío", la casualidad pura.

De forma análoga a las dificultades que surgieron al explicar la interacción de los fotones y electrones, Bohr y otros físicos dedujeron que, según ellos, la ley de la conservación de la energía es una ley estadística, cierta únicamente como "término medio" cuando se trata de grandes asociaciones de partículas. Y afirmaron que en cada caso de interacción, no es imprescindible que la energía se conserve, sino que ora puede ser destruida ora surgir de la nada.

Muy pronto los experimentos refutaron esta hipótesis antimaterialista. Bohr tuvo que renunciar a ella. Así se vio una vez más confirmada la tesis, expuesta por Lenin en "Materialismo y empiriocriticismo" y, anteriormen-

te, por Engels en "Dialéctica de la naturaleza", acerca de la decisiva importancia que tiene para los físicos el conocer la filosofía del materialismo dialéctico, ya que sólo ésta puede ayudarles a asimilar el incesante cambio de conceptos que ocurre en la ciencia, ponerles en guardia contra el idealismo y la metafísica, contra la aceptación de diversas pseudodoctrinas que frenan el desarrollo de la ciencia.

Renuncia a los modelos demostrativos del átomo

El modelo del átomo sufrió también una transformación radical, después de haber sido determinada la naturaleza corpuscular y ondulatoria de los microobjetos y de haber sido elaborada la mecánica cuántica. Las órbitas electrónicas perdieron su sentido mecánico demostrativo, y ahora sólo expresan los diversos niveles de energía. La naturaleza estable del átomo se puede representar asemejando el electrón a una "nube" que posea cierta simetría espacial, cuyo aspecto depende de los procesos que se efectúan en el átomo.

Cuando el átomo choca contra micropartículas que se mueven velozmente, de aquél puede "liberarse" un electrón. En ciertos sectores del espacio intraatómico, esta emisión es más probable, en otros es muy rara. Esta probabilidad depende de la densidad de la "nube" electrónica. Sin embargo, esto no es más que un cuadro auxiliar, el único posible en el estado actual de la ciencia, cuando los microobjetos se toman como "acabados"; la teoría contemporánea no examina su "constitución".

Al proponernos este cuadro, los físicos no desean, ni mucho menos, imponernos la idea de que el electrón es efectivamente una "nube". Al hablar del espín, de la "rotación" del electrón alrededor de su "propio eje", tampoco quieren decir con esto que el electrón sea similar a una pequeña peonza en movimiento; esta última suposición conduciría a su contradicción con la experiencia. Éstos y otros modelos concretos similares, son muy útiles, pero su significación es exclusivamente heurística, sugerente.

Debemos habituarnos a la idea de que el átomo, el electrón y otros microobjetos no se pueden representar en forma sensorial y palpable, tal y como acostumbra a hacerse con los macroobjetos, recurriendo únicamente a la reducción de escala. Esto mismo es también cierto respecto a las ondas, por ejemplo, al campo electromagnético. Éstas sólo recuerdan muy de lejos a las ondas conocidas: a las que se producen en la superficie del agua o a las acústicas.

El vínculo indisoluble entre la teoría y la práctica

Las tentativas de "introducir" forzosamente los microobjetos en el molde de las concepciones clásicas, tentativas que continúan todavía realizando ciertos físicos de ideas mecanicistas y conservadoras, no pueden dar provecho alguno ni a la física ni a la filosofía. No es menos nocivo el método de raciocinio que oponen los formalistas: puesto que los procesos del microcosmo no pueden ser representados mediante los macromodelos, hay que limitarse, según ellos, a su descripción matemática. No hay que preguntarse cuál es el sentido físico de las fórmulas matemáticas así deducidas. Pero los cálculos matemáticos, debido a su elevado grado de abstracción, pueden alejar al científico de la realidad material y conducirle directamente al cenagal del idealismo.

Según hace observar Lenin, la abstracción científica nos da un conocimiento más completo y profundo de la realidad que las sensaciones directas. Sólo mediante la generalización teórica es capaz el pensamiento humano de descubrir la esencia, la ley que rige los fenómenos. Junto con esto, Lenin subrayaba tenazmente que la senda del conocimiento científico, dialéctico de la verdad debe ser necesariamente la siguiente: "De la contemplación viva al pensamiento abstracto, y de *éste a la práctica...*". La teoría y la práctica, la investigación teórica y la experimental deben formar también en la física un ciclo indisoluble.

La riqueza de la ley periódica de Mendeléiev

De acuerdo con la ley periódica de Mendeléiev, los átomos se hacen más complejos, comenzando por el más ligero, el hidrógeno, de elemento a elemento. El elemento debe todas sus propiedades físicas y químicas a la capa electrónica y al estado del átomo. Según hemos señalado anteriormente, los átomos no son constantes, sino que se transforman entre sí, surgen y se desintegran. En la actualidad conocemos 102 especies de átomos. De ellos, 10 están situados en el sistema de Mendeléiev después del elemento 92 —el uranio—. Son éstos el neptunio, plutonio, americio, curio, berkelio, californio, einstenio, fermio, mendelevio y nobelio. Se han obtenido artificialmente, mediante reacciones nucleares. Excepción hecha del neptunio y, posiblemente, el plutonio, estos elementos no existen en la naturaleza.

El número de todos los elementos posibles no puede ser muy superior a 102, ya que al aumentar el número de orden crece rápidamente la inestabilidad del núcleo del átomo del elemento. Pero, en la actualidad, se han estudiado también más de mil variedades de los elementos químicos. Se trata de los *isótopos*. Todos los isótopos de un elemento dado poseen una misma carga de núcleos atómicos, por lo que ocupan idéntico lugar en el sistema de Mendeléiev, pero se diferencian por su número de masa. Los isótopos de un mismo elemento químico presentan idéntica estructura de su capa electrónica y, por consiguiente, casi las mismas propiedades químicas y físicas. Pero se diferencian por su estabilidad: unos son estables y otros radiactivos.

Además de los isótopos existen también los *isómeros* nucleares. Éstos no se diferencian entre sí ni por su carga ni por su número de masa, pero, a pesar de ello, poseen distintas propiedades radiactivas: sus núcleos atómicos se hallan en diversos estados cuánticos. De este tipo es por ejemplo, el isómero del bromo, descubierto en 1935 por I. V. Kurchátov y otros físicos soviéticos. Este elemento,

además de sus dos variedades estables y de un isómero, tiene 13 isótopos radiactivos que poseen distintos períodos de semidesintegración, desde 5 segundos hasta 58 horas.

En la fig. 12 se muestra el comienzo del sistema periódico hasta el neón inclusive. A la izquierda puede verse este sistema en su aspecto anterior. Aquí, a cada número de orden Z, igual al número de protones del núcleo (y,

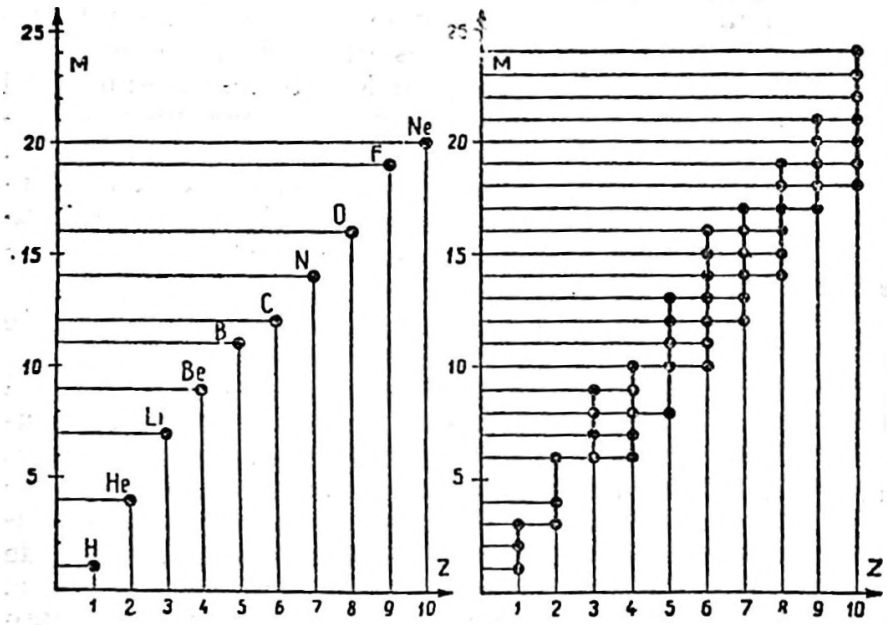


Fig. 12. — El sistema de Mendeléiev antes del descubrimiento de los isótopos (a la izquierda) y después de su descubrimiento (a la derecha).

M significa el número de masa; *Z* la carga del núcleo.

por lo tanto, también al número de electrones de la capa atómica) corresponde únicamente un elemento de número de masa *M*, igual al número de nucleones del núcleo. A la derecha puede verse el sistema bajo su nuevo aspecto. Aquí, al número de orden Z corresponde toda una pléyade de isótopos de distintos números de masa *M* que poseen diverso grado de estabilidad.

La teoría cuántica de la estructura del átomo ha explicado también cómo se produce la "construcción" de las moléculas. Intentemos hablar de esto utilizando modelos. Las "nubes" electrónicas de los átomos con espines opuestos —por ejemplo, en la molécula H_2 de dos átomos de hidrógeno *H*— cuando se aproximan penetran la una en la otra; así se forma una "nube" común que une ambos núcleos en un sistema único (fig. 13). La teoría permite realizar todos los cálculos correspondientes, que dan la posibilidad de explicar la naturaleza de las fuerzas químicas, las propiedades espectrales, eléctricas y magnéticas de los átomos y moléculas, sus dimensiones y otras características. Cuando se trata de moléculas complejas, debido a las dificultades de los cálculos, hasta hace poco hubo que limitarse a efectuar estimaciones aproximadas. En la actualidad, las veloces máquinas electrónicas de cálculo permiten resolver también con éxito estos problemas.

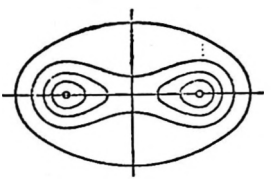


Fig. 13. — La nube electrónica de la molécula de hidrógeno H_2.

Hasta ahora, se llevan analizadas y sistematizadas más de cincuenta mil variedades inorgánicas y cerca de un millón de variedades orgánicas de las moléculas. Las dimensiones de las moléculas son del orden de 10^{-8} cm.; el número de átomos que forman parte de las moléculas oscila de dos (por ejemplo, en el hidrógeno H_2 o en el óxido carbónico *CO*) hasta cientos de miles y millones (por ejemplo, en las albúminas y polímeros). Mediante el microscopio electrónico se puede obtener en la pantalla la "imagen en sombra" de las moléculas aisladas. En la fotografía (fig. 14) se muestra, a la izquierda, una de estas imágenes de una molécula de ftalocianina de cobre y a la derecha, su esquema, obtenido mediante el análisis estructural por rayos X.

El radio del núcleo atómico es todavía cien mil veces menor que el radio del átomo y la molécula, es decir, es del orden de 10^{-13} cm. Al hablar así debemos recordar que la molécula, el átomo, el núcleo y el electrón poseen "radio" no en el sentido en que lo tiene una bola de billar o la Tierra. En aquéllos, es en cierto aspecto convencional. Ese radio caracteriza aquella parte del espacio en la que acontecen las leyes del microobjeto dado.

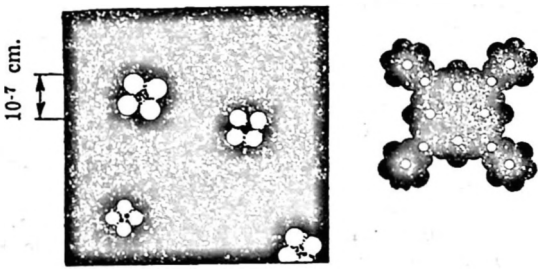


Fig. 14. — Molécula de $C_{32}H_{16}O_8Cu$.
A la derecha, su representación convencional;
a la izquierda su "imagen Roentgen".

Qué se sabe acerca de las partículas elementales

En la actualidad, la física nuclear ha sido impulsada al primer plano de toda teoría física. De sus éxitos dependen, precisamente, los de la industria nuclear, que en los países técnicamente más desarrollados, URSS, EE.UU. y Gran Bretaña —está adquiriendo una importancia cada vez mayor. Para comprender sus problemas hay que conocer su parte componente más esencial— la teoría de las partículas elementales.

Desde un principio, cuando por primera vez nos hemos enfrentado con este término, no hemos tomado el vocablo elemental entre comillas, aun cuando, posiblemente, debiéramos haberlo hecho. "Elemental" se traduce del latín

como "inicial" y, en sentido figurado, como "simple". Pero no estamos dispuestos en modo alguno a afirmar que estas partículas son inmutables, los últimos eslabones del universo. Y que sus propiedades distan mucho de ser simples lo veremos confirmado muy pronto.

En los 60 y tantos años que han pasado desde que se descubrió el electrón hasta la actualidad, se han descubierto alrededor de tres decenas de variedades de las partículas elementales. Utilizando la cámara de Wilson se puede fotografiar las huellas de las partículas elementales cargadas. En la figura 15 se muestra la llamada "desintegración" del mesón μ^- (arriba) acompañada de la emisión de un electrón e^- (debajo). La denominación de "desintegración" es convencional; más exacto sería decir *transmutación*.

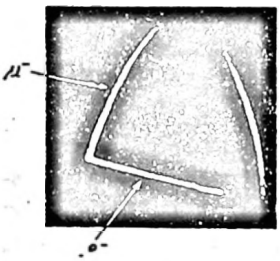


Fig. 15. — Desintegración del mesón en la cámara de Wilson.

Se observan las huellas del mesón y del electrón formado al desintegrarse el mesón. El neutrino y el antineutrino no dejan huellas.

El problema de las partículas elementales es la cuestión central de la microfísica. Limitándose únicamente a considerar los datos más breves, señalaremos ante todo cómo estas partículas se dividen en clases según los diversos rasgos característicos.

Por la magnitud de la masa en reposo se distinguen:

1) partículas ligeras: leptones; se trata del neutrino ν y el antineutrino $\hat{\nu}$, del electrón e^- y del positrón e^+. Lugar aparte ocupa el fotón γ (partícula del campo electromagnético) que no posee masa en reposo; por cierto que el neutrino y antineutrino o bien carecen totalmente de masa en reposo o bien ésta es infinitesimal, en todo caso menor a un 0,0005 de la masa del electrón. Según hemos señalado, la masa en reposo del positrón es igual a la masa en reposo del electrón; se diferencian únicamente en el signo de la carga. Entre los leptones se cuen-

tan los llamados mesones μ, positivos y negativos; sus masas son aproximadamente, 200 veces mayores que las de los electrones. Las partículas ligeras, excepción hecha de los mesones μ, son de por sí estables; la "duración de su vida" es superior, en todo caso, a 10^{20} años. Los mesones μ se desintegran espontáneamente, pasados 10^{-8} seg., en un electrón, un neutrino y un antineutrino;

2) partículas de masa media: mesones, éstas se dividen en dos subgrupos: a) mesones π cuya masa en reposo viene a ser de unas 270 unidades; entre éstas se cuentan tres variedades de los mesones π: positivos, negativos y neutros; b) unas cuantas variedades de mesones *K*, de una masa de unas 980 unidades. Los mesones son inestables; la duración de su existencia es del orden de 10^{-6}, 10^{-8}, 10^{-10} seg. y, en ciertas variedades, sólo de 10^{-15} seg.

3) partículas pesadas: bariones; se cuentan entre éstas las partículas nucleares, o nucleones, a saber, el protón p y el neutrón n, así como el antiprotón $\tilde{p}$ y el antineutrón $\tilde{n}$, descubiertos en 1955 y en 1956; la masa de una cualquiera de estas partículas es de unas 1840 unidades. El protón es estable, mientras que el neutrón sólo lo es en el núcleo; fuera de éste es inestable y se desintegra en un protón, un electrón y un antineutrino; el período de semidesintegración del neutrón viene a ser de 12,8 minutos;

4) por último, las partículas más pesadas: hiperones; su masa oscila entre 2200 y 2600 unidades y la duración de su existencia es del orden de 10^{-10} seg.

Otra clasificación de las partículas elementales se basa en la carga eléctrica. En magnitud absoluta, es idéntica en todas las partículas cargadas. Toda partícula de carga negativa posee un "doble" de carga positiva. Sin embargo, hay también partículas eléctricamente neutras. Son éstas los fotones, neutrinos y antineutrinos, mesones π^0, mesones K^0 y antimesones $\tilde{K}^0$, el neutrón y el antineutrón y tres variedades de los hiperones.

Otras características en que se puede basar la clasificación de las partículas elementales son el momento mag-

nético, el espín, la paridad, el espín isotópico y la "extrañeza". Todas las características de las partículas elementales están recíprocamente vinculadas por relaciones bastante complejas.

El espín

El espín, es decir, el momento mecánico de una partícula elemental, se expresa siempre por un número entero o semientero de cuantos de acción. El electrón, posi-

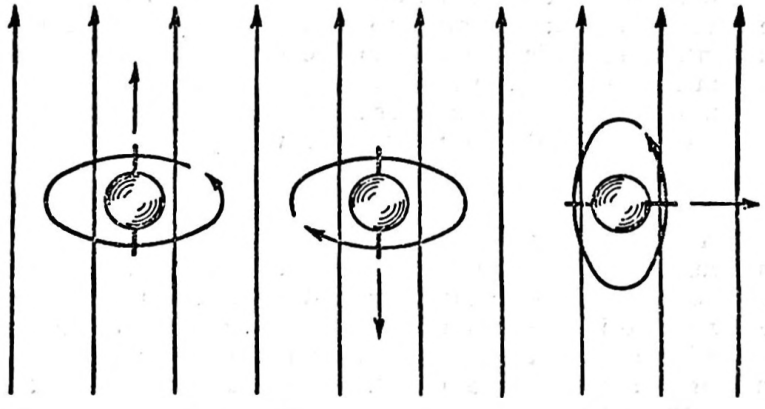


Fig. 16. — Los tres posibles sentidos del espín en un campo magnético cuando la partícula posee un espín de número entero.

La partícula de espín semientero sólo puede tener un espín de dos sentidos: en el del campo y en contra de éste.

trón, neutrino, antineutrino, mesón μ, protón y neutrón poseen un espín ½. El espín de las demás variedades de los mesones es igual a 0. El espín del fotón es 1.

En cierto sentido, el espín está ligado al movimiento de rotación, de torbellino. Pero, según hemos señalado anteriormente, no debemos imaginárnoslo en forma sensorial palpable. Únicamente se puede decir que las partícu-

las de espín igual a ½ pueden ocupar respecto a la dirección del campo magnético dos posiciones distintas: su espín, o bien coincide con el sentido del campo magnético, o bien, es opuesto a éste. En cambio, en las partículas de espín 1 puede darse también un tercer sentido del espín, perpendicular al campo magnético. En la fig. 16 se han representado esquemáticamente estas tres posibilidades.

Ya hemos dicho que al espín se halla íntimamente ligado el comportamiento estadístico de las partículas elementales. Un sistema de partículas que posean un espín nulo o de número entero está supeditado a la estadística de Bose-Einstein: el número de estas partículas que se encuentran en cada estado cuántico es ilimitado. En cambio, un sistema de partículas de espín semientero está sometido a la estadística de Fermi y Dirac: en cada estado cuántico puede hallarse no más de una partícula.

La paridad

La siguiente característica cuántica importante de las partículas elementales y de sus sistemas es su paridad. Este concepto está ligado a la distinción de las nociones de derecha e izquierda en la naturaleza. La paridad de las partículas elementales se determina del modo siguiente. En la mecánica cuántica, el estado de una partícula es descrito por la llamada función de onda, referida a un sistema determinado de coordenadas. Si representamos imaginariamente un sistema de coordenadas en un espejo, es decir, si se sustituye x por $-x$, y por $-y$, z por $-z$ (fig. 17) y la función de onda de la partícula ψ no cambia por eso de signo, la paridad de la partícula se considera igual a $+1$; si, por el contrario, la función de onda ψ cambia su signo por el opuesto, la paridad se estima ser igual a -1. La paridad de un sistema complejo es igual al producto de las paridades de sus subsistemas.

Los multipletes

Pasemos ahora a considerar el espín isotópico. Los físicos han observado que ciertas partículas elementales for-

man íntimos grupos afines, los multipletes. Tales son, por ejemplo, el protón y el neutrón. La masa del protón es igual a 1836,12 masas electrónicas; la masa del neutrón, a 1838,65, es decir, únicamente un 0,138 % mayor; sus espines son idénticos; la diferencia reside solamente en la carga eléctrica.

Bien es verdad que el protón libre es estable, mientras que el neutrón se desintegra. Pero, en el interior del

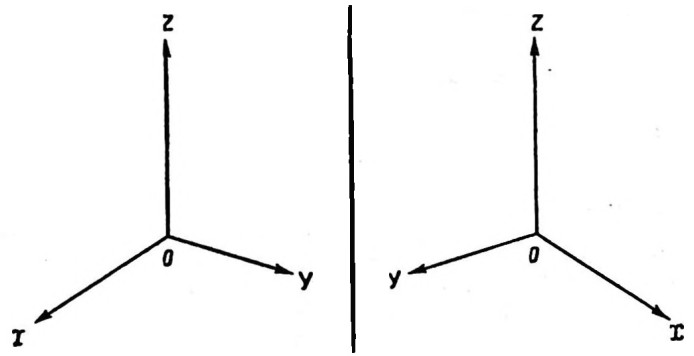


Fig. 17. — Dos sistemas de coordenadas simétricos especularmente.

La transición de uno a otro se efectúa mediante la transformación de inversión.

átomo, estas partículas son igualmente estables o, si se quiere, inestables. Así, pues, la diferencia entre el protón y el neutrón consiste esencialmente en la carga, mientras que en lo demás su parecido es muy grande, tanto, que se las puede considerar no como partículas independientes, sino únicamente como diversos "estados de carga" de una misma partícula —el nucleón. Estos diversos estados son los que caracteriza el llamado espín isotópico, considerado en un "espacio de carga" formal. A esta característica es-

tá ligada la ley de la "independencia de la carga" que dice que las fuerzas nucleares entre las partículas no dependen de su carga.

Así, pues, el protón y el neutrón forman un doblete. Con toda seguridad se ha determinado también que los mesones K forman un doblete; los hiperones Σ, un triplete y que las partículas Λ^0 no forman "pareja", se trata de los singletes. Tres mesones π forman un triplete. Sus componentes π^-, π^0, π^+ poseen idéntico espín y casi igual masa, y se diferencian únicamente por su carga.

Las antipartículas y la "extrañeza"

Finalmente, hace poco se ha introducido un número cuántico más, denominado "extrañeza". La extrañeza de un sistema de partículas depende de la carga, del espín isotópico y de la diferencia entre el número de partículas y antipartículas. La antipartícula se diferencia de la partícula a ella conjugada, ya sea por la carga, como, por ejemplo, el electrón y el positrón, ya por el sentido del momento magnético y el espín. Así, por ejemplo, el antineutrón posee un espín igual en magnitud al del neutrón ½, y tiene también un momento magnético de la misma magnitud que el neutrón. Pero, del mismo modo que en el neutrón los sentidos del momento magnético y del espín son opuestos, en el antineutrón coinciden. Durante su choque, las partículas y antipartículas se destruyen recíprocamente, transformándose en otras partículas. Hay que tener en cuenta que no todas las partículas tienen antipartículas que se diferencien de ellas; así, el fotón no tiene antipartícula, o más exactamente, tanto la partícula como la antipartícula del fotón son indistinguibles entre sí. La denominación de "extrañeza" tuvo su origen en que las partículas Λ^0 y K, descubiertas hace poco, para las que por primera vez fue empleada la nueva característica "extrañeza", viven 10^{14} veces más tiempo que lo que les correspondería de acuerdo con la teoría. Posteriormente, se puso en claro que esto se explica por el modo en que se

originan: aparecen siempre en pares, con la particularidad de que ambos componentes se alejan rápidamente en sentidos opuestos, sin tener ocasión de destruirse recíprocamente.

Tres tipos de interacciones

Las partículas elementales interactúan entre sí, dividiéndose claramente esta acción recíproca en 3 clases, de acuerdo con su "intensidad", mejor dicho, con el tiempo en que transcurre la interacción:

1) *Fuerte* — durante los procesos que ligan las partículas pesadas con los mesones, como, por ejemplo, en el proceso en que los mesones π^0 unen los protones y neutrones en el núcleo; esta interacción se caracteriza por una constante sin dimensiones del orden de la unidad y se produce en un tiempo de unos 10^{-23} seg. (lo que se necesita, aproximadamente, para que la luz recorra el diámetro de un nucleón);

2) *Media* — tal es la interacción electromagnética; se trata de un proceso en el que las partículas ligeras interactúan con los fotones, por ejemplo, el proceso de aniquilación de un electrón con un positrón; la constante sin dimensiones que le caracteriza es igual, aproximadamente, a $\frac{1}{137}$. La interacción media transcurre durante un intervalo de tiempo 137 veces mayor que la fuerte;

3) *Débil* — en los procesos que unen las partículas pesadas con las ligeras (por ejemplo, la desintegración de un neutrón); la constante que caracteriza estos procesos posee una magnitud del orden de 10^{-14}; las interacciones débiles (entre las que se cuentan todos los fenómenos de la desintegración beta radiactiva, relacionadas con la emisión o absorción de un neutrino, así como la desintegración de ciertos mesones, en la que el neutrino no interviene) transcurren 10^{14} veces más lentas que la nuclear,

es decir, durante un intervalo de tiempo del orden de 10^{-8} seg.

Además de estas tres formas de interacción existe también la gravitacional. Pero es extremadamente débil. Su constante es del orden de 10^{-39}, por lo que al considerar los fenómenos atómicos suele despreciarse. Durante las interacciones débiles, la paridad del estado no siempre se conserva, pero cuando son fuertes y medias no varía con el transcurso del tiempo: sólo son posibles aquellos procesos en los que la ley de la conservación de la paridad no se infringe. Más abajo consideraremos esto con más detalle.

La transmutabilidad

Indudablemente, la peculiaridad más característica de las partículas elementales es su transmutabilidad.

Por ejemplo, ciertas partículas que son de por sí estables pueden, en determinadas condiciones, destruirse recíprocamente, originando partículas de especie completamente distinta. Así al chocar un positrón e^+ contra un electrón e^-, ambas partículas desaparecen, formándose dos fotones γ:

$$e^+ + e^- \rightarrow 2\gamma$$

Junto con esto, la totalidad de la energía de las partículas que chocan y desaparecen, tanto la cinética como la interna, se transforma en energía de los fotones que se generan. La transformación se produce de acuerdo con la ley de la equivalencia de la masa y la energía, $E = mc^2$. También se observa el proceso inverso de la generación conjunta de partículas —la formación del par electrón-positrón:

$$2\gamma \rightarrow e^+ + e^-$$

Otro género de transmutaciones es la llamada "desintegración" de las partículas inestables. Por ejemplo, du-

rante 12,8 minutos, la mitad de los neutrones existentes desaparece, con la particularidad de que un neutrón n genera un protón p, un electrón e^- y un antineutrino $\tilde{\nu}$:

$$n \rightarrow p + e^- + \tilde{\nu}$$

Sin embargo, no hay que pensar que el neutrón contiene en "su interior" un protón como parte componente estructural suya. Si el neutrón contuviese en sí un protón, entonces, de acuerdo con la ley de la equivalencia de la masa y la energía, la masa del electrón sería menor que la del protón en una cantidad igual al denominado "defecto de masa", puesto que la unión de las partículas está siempre ligada a la emisión de energía. Pero, la realidad es que la masa del neutrón es *mayor* que la del protón.

Es también testimonio de que el neutrón no contiene en sí un protón como "parte componente" el que, en determinadas condiciones, el protón puede ser transformado en neutrón de acuerdo con la reacción:

$$p \rightarrow n + e^+ + \tilde{\nu}$$

Asimismo, durante la "desintegración", por ejemplo, de un mesón π^+

$$\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu$$

ambas partículas —el mesón μ^+ y el neutrino ν— no se hallan contenidas en el mesón π^+, sino que nacen de nuevo.

Gracias a la transmutabilidad recíproca de las partículas "elementales", todas sus propiedades están mutuamente condicionadas. La interacción entre las partículas se produce a través del campo. Así, por ejemplo, la interacción entre los protones y neutrones en el núcleo atómico se realiza a través del campo nuclear de fuerzas. Este campo es portador de mesones π neutros y cargados, o bien, empleando una imagen más demostrativa, el pro-

tón y el neutrón están rodeados por una "nube" de estos mesones. Esta nube se halla tan íntimamente ligada a los protones y neutrones que se puede considerar que, en cierta forma, interviene en su composición.

Las fuerzas nucleares

Las fuerzas nucleares se diferencian netamente de las fuerzas gravitacionales y electromagnéticas. Es sabido que las fuerzas eléctricas actúan según la ley de Coulomb:

$$f = K\frac{e_1 e_2}{r^2}$$

en la que f es la fuerza de repulsión de dos cargas e_1 y e_2 del mismo signo, o la de atracción de estas mismas cargas, pero con signo distinto; r, la distancia que las separa; K, una constante que caracteriza el medio entre ambas cargas.

La ley de la fuerza de la interacción entre dos polos magnéticos es análoga. Ambas leyes son semejantes a la de gravitación universal, en que la fuerza de la atracción mutua es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre los cuerpos que interactúan. Las fuerzas nucleares se distinguen porque actúan únicamente en distancias muy pequeñas, pero, en cambio, el valor de estas fuerzas es muy grande. Su variación se realiza de acuerdo con la ley aproximada, determinada empíricamente:

$$f = K\frac{1}{r}e^{-\frac{r}{r_0}}$$

en la que r_0 es una magnitud del orden de 10^{-13} cm.; se conoce con el nombre de radio de acción de las fuerzas nucleares.

Además, las fuerzas nucleares dependen del sentido del espín o, como suele decirse, poseen carácter tensorial.

Hasta ahora, no se conoce suficientemente la naturaleza de las fuerzas nucleares, por lo que se está muy lejos de poseer una noción muy firme acerca de la estructura del núcleo atómico.

Según ciertas hipótesis, el núcleo se puede en cierto sentido asemejar a la gota compacta de un liquido; según otras, el núcleo está formado por capas esféricas, por envolturas internas. Los datos experimentales son favorables, en parte, a la hipótesis de la "gota" y en parte, a la de la "capa". Es posible que el más cercano a la realidad sea un modelo generalizador que abarque los rasgos de ambas hipótesis y que se está elaborando durante estos últimos años.

Los mesones π unen íntimamente el protón y el neutrón. Pero, por otra parte, también los mesones π^0 pueden ser considerados como rodeados por un campo debido a los nucleones, es decir, por un campo que, a través de sus cuantos —neutrones y protones— efectúa la interacción entre los mesones, determina sus propiedades. De forma análoga, también las demás partículas elementales interactúan a través del campo y éstos, a través de las partículas elementales. Como quiera que sea, las propiedades de las partículas de cualquier género son determinadas por las partículas de otros géneros.

Las leyes de la conservación

En todas las transmutaciones de las partículas elementales, lo mismo que en todos los procesos físicos en general, se cumplen rigurosamente las leyes de la conservación, expresión física de la imposibilidad de crear y destruir la materia y su movimiento.

Se trata, en primer lugar, de la conservación del impulso, $\vec{p} = m\vec{v}$, siendo m la masa y $\vec{v}$ la velocidad de la partícula. Como la velocidad es un vector, también el impulso lo será, por lo que los impulsos se suman de acuerdo con la ley del paralelogramo de las velocidades. La ley

de la conservación del impulso dice que la suma vectorial de todas las partículas de un sistema aislado se mantiene invariable cualesquiera que sean los procesos.

Además, todos los procesos están supeditados a la ley de la conservación de la energía, según la cual, en un sistema aislado, durante todos los procesos que en él transcurren, su energía total se mantiene constante.

Finalmente, es también cierta la ley de la conservación del momento de la cantidad de movimiento, $\vec{M} = [\vec{r}\,\vec{p}]$, en donde $\vec{r}$ es el radio vector de la partícula, y $[\vec{r}\vec{p}]$ su producto vectorial por el impulso $\vec{p}$. La suma vectorial de los momentos de la cantidad de movimiento de todas las partículas del sistema aislado también se conserva. Debido al carácter dual de los microobjetos, tienen para ellos simultáneamente un valor determinado, sólo la magnitud absoluta del vector $\vec{M}$ y uno cualquiera de sus componentes. Sus tres componentes no poseen simultáneamente valores determinados.

Estas tres leyes de la conservación —del impulso, de la energía y del momento de la cantidad de movimiento— están profundamente ligadas a las propiedades del espacio-tiempo, forma básica y general de la existencia de la materia.

Según demostró ya en el año 1918 la matemática alemana Emmy Noether, estas leyes, cuando no existen campos gravitacionales, se deducen por separado partiendo de la hipótesis acerca de la homogeneidad y el carácter isotrópico del espacio y el tiempo. De la homogeneidad del espacio se deduce la conservación del impulso; de la homogeneidad del tiempo, la conservación de la energía; del carácter isotrópico del espacio, la conservación del momento de la cantidad de movimiento. La homogeneidad del espacio-tiempo significa que las leyes de la física no varían de un lugar a otro y de un intervalo de tiempo a

otro. Por otra parte, el carácter isotrópico del espacio significa que en éste, a diferencia del tiempo, no existe un sentido privilegiado.

La homogeneidad e isotropía del espacio, tomadas en su conjunto, significan que el sistema de referencia a derechas e izquierdas que se convierten recíprocamente mediante la "transformación de espejo", son equivalentes. Y esto, según hemos señalado anteriormente, tiene su expresión en la conservación de la paridad.

¡Pero he aquí que cuando las interacciones son débiles, la ley de la conservación de la paridad se infringe a veces! Esto tiene lugar para ciertos aspectos de la desintegración de los mesones *K*, según han demostrado teóricamente los científicos chinos Li Tzian-dao y Yang Tchzen-nin y han comprobado experimentalmente Wu Jensiun y otros. Por consiguiente, resulta que la homogeneidad y la isotropía del espacio y, junto con ellas, también las leyes generales de la conservación del impulso y de la cantidad de movimiento no son universales. Pero esto se halla en contradicción con la totalidad del resto de nuestra experiencia.

La inversión combinada y el "antiuniverso"

Para hallar una salida a esta situación, el físico soviético L. D. Landau propuso en 1956 la teoría de la "inversión combinada", que explica la infracción de la ley de la conservación de la paridad no por las propiedades del espacio, sino por las peculiaridades de las mismas partículas.

Según esta teoría, el espacio en que no hay partículas cargadas es simétrico. Lo asimétrico no es el espacio, sino las partículas. Sólo en el caso en que se produzca una inversión espacial y, simultáneamente, las cargas cambien sus signos por los opuestos, las partículas pasan a ser antipartículas. Por lo tanto, el espacio de nuestro universo no es simétrico respecto a la inversión simple, porque, en condiciones normales, en él no hay antipartículas.

Los datos experimentales con que se cuenta hablan a favor de la teoría de Landau; no obstante, son también posibles otras hipótesis. Así, el físico soviético I. S. Shapiro expuso la hipótesis de que en escalas del orden de 10^{-17} cm. no es, en general, aplicable al espacio el concepto de simetría, del mismo modo que a la superficie de Möbius no es aplicable la noción de "arriba" y "abajo". (Esta superficie se puede obtener dando a una tira de papel la forma que se indica en la fig. 18).

Últimamente (a comienzos del año 1959) se han descubierto algunos casos en que deja de cumplirse la conservación de la paridad aun cuando las interacciones sean fuertes.

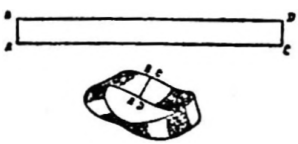


Fig. 18. — **Lámina de Möbius.**

En esta superficie no hay parte superior ni inferior; sólo tiene una cara.

De aquí surge la hipótesis acerca de la existencia de un "antiuniverso", representación como en espejo del nuestro, en el que las partículas son raras como en nuestro mundo lo son las antipartículas. En el "antiuniverso", los núcleos de los átomos de los "antielementos" se componen de antiprotones, de carga negativa, y antineutrones. En el "antiuniverso" es posible que la entropía, como ya suponía Boltzmann, no aumente, sino disminuya y el sentido de los procesos físicos sea allí inverso en comparación con nuestro mundo. Es también posible que cuando en nuestro mundo las galaxias se dispersan, en el "antiuniverso" las "antigalaxias" correspondientes a aquéllas se concentren.

El "antiuniverso" está tan alejado de la parte del universo accesible a nuestra observación que no interactúa con ésta. Una confirmación indirecta de que esta interesante hipótesis, aun cuando parezca asombrosa, no carece del todo de fundamento puede ser la existencia de las llamadas formas estructurales inestables "degeneradas"

de la materia, tales como los mesoátomos, hiperátomos y positronios. Los mesoátomos se componen de un núcleo y de una capa mesónica, en lugar de electrónica. En los hiperátomos, el núcleo está formado por hiperones en lugar de nucleones. El positronio se compone de un electrón y un positrón que se mueve alrededor de un centro común de gravedad. Se opina también que las radioondas que nos llegan del cosmos, en particular de la constelación del Cisne, deben en cierto sentido su origen a la interacción de la substancia y la antisubstancia.

Debe tenerse en cuenta que la tesis inicial de todos estos razonamientos —la constancia de las propiedades del espacio y el tiempo— debe entenderse únicamente en sentido relativo. La dialéctica enseña que "todo varía y no hay nada que permanezca constante". La constancia de cualquier planteamiento físico se refiere siempre a ciertos sectores limitados, fuera de cuyos límites, ora no es cierta, ora la tesis misma carece de sentido. Pero las dimensiones de estas zonas, tanto en el espacio como en el tiempo pueden ser a veces tan enormes que superan a todo lo imaginable.

El misticismo, parásito de la ciencia

Como es natural, la existencia del "antiuniverso" es por ahora solamente una hipótesis interesante. Pero no cabe la menor duda de que no está en contradicción con las tesis del materialismo dialéctico acerca de la inagotabilidad de la materia y su condición contradictoria interna. Sin embargo, bastó solamente con que hiciese aparición esta idea para que, en los países capitalistas, diversos tipos de místicos alzasen el grito proclamando que el "antiuniverso" es el mundo del más allá de las concepciones religiosas. Y hasta en la URSS hubo "popularizadores" que, buscando el sensacionalismo de lo fantástico, llegaron a decir que el mundo fue, al parecer, creado en dos ejemplares.

Las transmutaciones de las partículas elementales, lo mismo que todos los procesos físicos, se mantienen invariables (invariantes) al pasar de un sistema de referencia (x, y, z, t) a otro (x', y', z', t') que se mueva uniforme y rectilíneamente respecto al primero con una velocidad v. Esto significa que son invariantes durante la transformación de Lorentz:

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},\ y' = y,\ z' = z,\ t' = \frac{t - \frac{vx}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

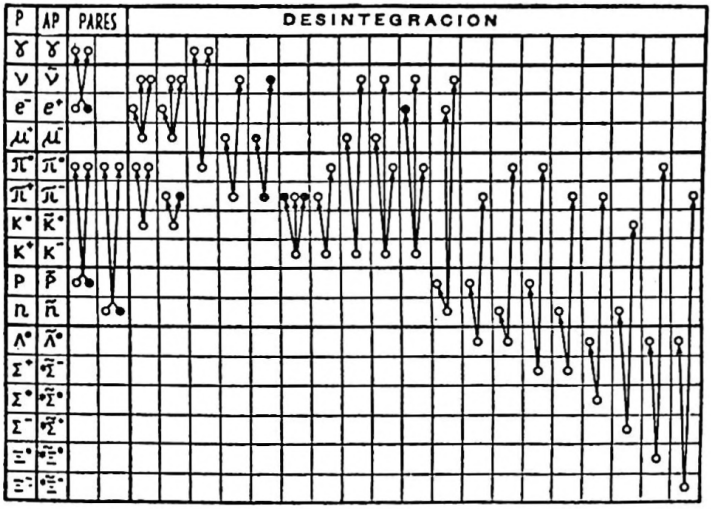
deducida en la teoría especial de la relatividad. Y, claro está, según hemos dicho, las partículas elementales que posean propiedades ondulatorias, están supeditadas a la relación de las indeterminaciones:

$$\Delta q \Delta p \geqq \frac{h}{4\pi}$$

Finalmente, en las transmutaciones de las partículas elementales se cumple la ley de la conservación del número de bariones, así como la ley de la conservación de la carga. De una carga negativa no puede surgir otra positiva, y viceversa. Y si desaparece la carga negativa lo hace también la positiva, y viceversa.

Basándose en todas las características de las partículas elementales, se puede construir una tabla análoga, en cierto sentido, al sistema periódico de Mendeléiev. Un cuadro semejante compusieron el físico norteamericano Gell-Mann y el japonés Nishiyima; éstos predijeron la existencia de varias partículas "extrañas", confirmada por vía experimental posteriormente.

Las transformaciones de partículas elementales que se conocen en la actualidad han sido representadas en un cuadro (fig. 19), en el que para simplificar, se han omitido todas sus características. Al aumentar nuestros conocimientos, sobre todo con la ayuda de los superpotentes aceleradores de partículas, como, por ejemplo, el sincrofa-



• PARTÍCULA SUPUESTA o PARTÍCULA • ANTIPARTÍCULA

Fig. 19. — Transmutación de las partículas elementales.

Los grupos idénticos de partículas están unidos por líneas horizontales, las flechas señalan en qué se transmutan las partículas al desintegrarse o ser aniquiladas (para las antipartículas). *P*, partículas; *AP*, antipartículas (se representan con una línea ondulada encima del signo).

sotrón soviético de Dubno, el más potente del mundo, que acelera los protones hasta 10 mil millones de electronvoltios, es muy probable que este cuadro se vea complementado con nuevas partículas.

Se descubrirán nuevas transformaciones de partículas, se determinarán sus características. No está excluido el que una serie de partículas, que en la actualidad se consideran elementales, resulten complejas. A pesar de ello, los enormes datos experimentales con que se cuenta son ya suficientes y permiten esperar que se pueda construir la teoría de las partículas elementales. La creación de esta teoría es una de las tareas más importantes y difíciles de la física contemporánea.

6. LAS TENTATIVAS REALIZADAS PARA CONSTRUIR UNA TEORÍA FÍSICA ÚNICA DE LA MATERIA

La teoría de las partículas elementales deberá reunir las micropartículas de la substancia y los campos físicos, las dos variedades cualitativas que conocemos de la materia. Deberá ser su teoría física única. No sólo deberá explicar por qué las partículas poseen características cualitativas dadas y no otras, sino también por qué, por ejemplo, son posibles ciertos tipos de transformaciones y no otros. Pero, ante todo, tendrá que eliminar las grandes dificultades que existen en la actualidad en la física cuántica relativista.

Dificultades de la física cuántica relativista

Quedan todavía en ella no pocos "vestigios" del pasado mecanicista, clásico, de la física, nociones trasladadas sin fundamento crítico alguno del macro al microcosmo. Se considera aún la partícula como un "punto material", se abstrae de su extensión espacial. Pero cuando se trata de energías muy elevadas, esto conduce a graves contradicciones al calcular la energía de la interacción de las partículas: para la magnitud de esta energía se obtienen valores infinitos o nulos, en lugar de los valores finitos determinados experimentalmente. Bien es verdad que se han hallado métodos matemáticos para eliminar estas divergencias, pero no son más que artificios de cálculo, imposibles de interpretar físicamente.

Por otra parte, se ha demostrado experimentalmente que del mismo modo que las partículas no están en realidad absolutamente aisladas, no son puntos geométricos desposeídos de dimensiones espaciales, pero con masa, así también, el espacio desprovisto de partículas no está absolutamente vacío. El denominado vacío contiene en realidad campos "mínimos" electromagnéticos y campos formados por el electrón y el positrón. Sus "oscilaciones cero" influyen sobre los átomos. Desplazan los niveles de energía de sus electrones y estos desplazamientos infinitesimales, que representan únicamente una millonésima parte de la ya de por sí pequeñísima energía del mismo átomo, han podido ser descubiertos por la moderna radioespectroscopía.

Aquí corresponde también señalar que la contraposición metafísica entre la partícula sin extensión (discontinuidad absoluta) y el espacio vacío (continuidad absoluta), tropieza con la contradicción entre la mecánica cuántica y la teoría especial de la relatividad.

Dos direcciones de las búsquedas

La realidad es que en la mecánica cuántica, con su principio de indeterminación, no hay límites señalados de espacio-tiempos. Por eso, su causalidad incluye en sí la casualidad. En cambio, la teoría de la relatividad divide rigurosamente todos los sucesos en pasados, presentes y futuros, así como en los que acaecen "aquí" y "allá"; su causalidad excluye la casualidad.

Todas estas contradicciones (que son muy graves) deberán ser eliminadas por la nueva teoría del futuro.

En la actualidad, rivalizan entre sí fundamentalmente dos direcciones en las búsquedas científicas: la del físico francés Louis de Broglie y la del alemán Werner Heisenberg. Ambas parten de la necesidad de renunciar al enfoque positivista respecto a los principios de la mecánica cuántica, aun cuando muchos físicos, incluidos los mismos de Broglie y Heisenberg, fueron fieles a él durante más de un cuarto de siglo.

Ellos y sus partidarios de la llamada "Escuela de Copenhague" hasta hace relativamente muy poco tiempo no planteaban la cuestión acerca de la naturaleza material de los microobjetos, considerando que era ya incognoscible, ya inexistente en general. Renunciaban a investigar los microobjetos en el espacio y en el tiempo, y hasta renunciaban a sus modelos matemáticos, considerando aquéllos como una pura probabilidad. Siguiendo el espíritu de los adeptos de Mach, se limitaban a describir únicamente los fenómenos observados, empleando para ellos ecuaciones convenientes, sin preguntarse la causa de estos fenómenos y discutían tozudamente con Einstein, quien mantenía puntos de vista opuestos.

A pesar de su punto de partida común, ambas direcciones, que intentan superar las dificultades con que tropieza la teoría moderna, enfocan la resolución de este problema de forma completamente distinta.

La "teoría de la doble solución"

La dirección seguida por de Broglie, que siguen también su discípulo Vigier, el físico norteamericano Bohm y otros, retorna parcialmente a la concepción de de Broglie que éste dio a conocer en 1927, a la llamada "teoría de la doble solución". Partiendo del carácter dual, corpuscular y ondulatorio de los microobjetos, se deduce la hipótesis de que toda ecuación de la mecánica ondulatoria debe tener, junto con la solución continua ψ, una segunda solución u, que parece doblar a aquélla, y que contiene las "peculiaridades" móviles (singularidades) del campo, que se identifican con las partículas.

En una forma demostrativa (aun cuando inexacta), todo parece transcurrir como si la onda continua ψ —onda piloto— "guiase" a la partícula. En 1927, de Broglie propuso como base para la onda u una ecuación lineal (es decir, una ecuación en la que u y sus derivadas están contenidas sólo en su primera potencia y en la que no existe su producto mutuo). Pero ahora, ha sido sustituida

por una ecuación no lineal, a fin de tener en cuenta la interacción del campo de la partícula con esta misma.

La *relación no lineal* hace que la teoría de la dirección seguida por de Broglie sea afín a la teoría de la relatividad. En ésta, la ecuación de onda del campo (del campo de gravitación) es también no lineal. Con esto queda asegurada la interacción del espacio-tiempo y de las masas de la substancia: el movimiento de las singularidades del campo, con la que se determinan las propiedades geométricas (la métrica) del espacio-tiempo, depende, a su vez, de esta métrica.

Los partidarios de la dirección seguida por de Broglie confían en que si se representan las partículas como singularidades en la métrica del espacio-tiempo, rodeadas por un campo ondulatorio, y si durante la determinación de este campo se introduce la constante de Planck, han de obtener todos los resultados de nuestros conocimientos actuales del microcosmo, pero eliminando todas las contradicciones, mencionadas más arriba, de la teoría contemporánea, así como las interpretaciones idealistas subjetivas e indeterministas de ella.

Pero por ahora esta teoría, que encuentra grandes dificultades matemáticas, halla una acogida muy fría entre la mayoría de los físicos. La causa no es un secreto. Esta teoría opera con parámetros "latentes", con coordenadas e impulsos exactamente determinados de partículas que parecen estar "escondidos" debajo de la superficie de los fenómenos, aun cuando su existencia aislada no se puede demostrar experimentalmente.

Como es natural, las analogías históricas no pueden servir de argumento convincente. Pero sí vale la pena señalar que los físicos recuerdan las tentativas fracasadas de los científicos alemanes del siglo pasado, Helmholtz y Hertz, de introducir parámetros "latentes" para eliminar las contradicciones entre la mecánica y la termodinámica. No obstante, en 1871, Boltzmann logró eliminar esta contradicción mediante la introducción progresiva de nociones estadísticas en la teoría de los procesos térmicos.

Tampoco puede pasar inadvertido que el mismo de Broglie y sus partidarios, manifestándose en contra de las concepciones estadísticas, consideran erróneamente que "...cuando la probabilidad se introduce en las teorías científicas, la causa reside en nuestro desconocimiento o en nuestra incapacidad para descubrir toda la complejidad de los fenómenos determinantes"[1]. Esta tendencia a retornar al determinismo metafísico está ligada a que recurren no al materialismo dialéctico, sino al materialismo mecanicista, o más exactamente, al racionalismo de Descartes.

En todo caso, las ideas de la dirección seguida por de Broglie son dignas de estima por su valerosa crítica de las concepciones subjetivistas ampliamente difundidas. Pero sólo podrán ser consideradas como una auténtica teoría científica cuando predigan nuevos fenómenos que se vean después confirmados experimentalmente. Evidentemente, esto mismo es aplicable a la segunda dirección, a la seguida por Heinsenberg.

Historia de las tentativas realizadas para crear una teoría única de la materia

Como es sabido, en el transcurso de casi toda la primera mitad de nuestro siglo, tuvo lugar un proceso —extremadamente doloroso al principio— de asimilación por los físicos de las nociones relativistas y cuánticas. Adelantándose en cierto sentido a este proceso, Einstein y sus partidarios realizaron múltiples intentos para construir una "teoría única de la materia", para fusionar las teorías de los campos gravitacional y electromagnético.

Todas estas tentativas fueron infructuosas. Partían de concepciones unilaterales, metafísicas, acerca del espacio-tiempo, como si se tratase de una variedad física absolutamente continua. De sus propiedades geométricas, me-

(1) *Louis de Broglie*, "¿Continuará siendo indeterminista la física cuántica?" ("Los problemas de la causalidad en la mecánica cuántica", Moscú, 1955, págs. 25 y 26).

diante el análisis de las expresiones que caracterizan el intervalo entre dos sucesos infinitamente próximos (es decir, en resumidas cuentas, la conexión entre las magnitudes espaciales y temporales), deberían deducirse todas las leyes físicas fundamentales.

Estas tentativas poseían una tendencia monística progresiva: estaban dirigidas a reflejar en la física la unidad material de la naturaleza. Sin embargo, hacían caso omiso de un hecho físico fundamental: ignoraban el atomismo. Es innegable que la estructura atómica de la materia testimonia que tampoco el espacio-tiempo, como forma esencial de existencia de la materia, puede estar desprovisto de estructura atómica.

Este error, por el que se ignoraba todo el desarrollo histórico de la física, se vio agravado por lo que a continuación se expone. Ya en 1905, el mismo Einstein descubrió las partículas de luz, los fotones, y en 1924, de Broglie determinó el carácter dual, corpuscular y ondulatorio, de la materia. Finalmente, en 1930, los científicos soviéticos Ambartsumián e Ivanenko dieron a conocer la idea de la cuantificación del espacio-tiempo.

En Einstein, quien al principio de su actividad científica se hallaba muy influido por la filosofía de Mach, continuó más tarde poniéndose de manifiesto su incomprensión de la dialéctica. Esto se pudo apreciar claramente en la estimación que en 1924 dio Einstein de la "Dialéctica de la naturaleza" de Engels. Bien es verdad que era totalmente imposible crear en la década del 20 de nuestro siglo una teoría única, en su totalidad, de las partículas elementales y de los campos. Debe tenerse en cuenta que entonces sólo se conocían dos tipos de campos —el gravitacional y el electromagnético— y (hasta 1932) únicamente cuatro tipos de partículas: el electrón, el protón, el fotón y el neutrón. Los demás tipos de campos y toda la riqueza de las variedades de partículas sólo fueron descubiertos más tarde.

Una y otra vez hay que maravillarse de los éxitos obtenidos por la física atómica, los cuales, en fin de cuentas,

se deben a la labor de los trabajadores, a la industria pesada que ha creado su moderna y gigantesca base experimental. Sólo como resultado de estos éxitos, han podido progresar las nuevas ideas físicas y han comenzado a definirse gradualmente los contornos de la nueva teoría. Sus principios datan de 1928, con la ecuación del movimiento del electrón, deducida por Dirac. Esta ecuación satisfacía las necesidades tanto de la teoría cuántica como de la teoría de la relatividad, y explicaba muchas peculiaridades del comportamiento de los electrones. Pero, contrariamente a lo que demostraba la experiencia, daba también, como expresión de la energía de aquéllos, valores negativos junto a valores positivos.

Dirac expuso la hipótesis siguiente: estas peculiaridades son debidas a que han de existir partículas semejantes en todo a los electrones, pero que se diferencian de éstos por el signo de la carga. Y, efectivamente, cuatro años después, se descubrieron en los rayos cósmicos —en los flujos de partículas de una gran energía que caen continuamente sobre la Tierra desde el espacio universal— los electrones positivos —positrones— que Dirac suponía. Muy pronto, los positrones fueron también descubiertos en los laboratorios terrestres.

La teoría de Heisenberg

Después de esto, se realizaron muchas tentativas para generalizar la ecuación de Dirac a otros tipos de partículas. Y sólo a comienzos de 1958, la nueva teoría alcanzó su realización temporal en la "ecuación de la materia" de Heisenberg. Según señala el mismo Heisenberg, la finalidad de su teoría consiste en explicar "cuál es de por sí la ley rectora de la materia, por qué es precisamente tal y como nos la muestra nuestra experiencia y no otra". Y aun cuando, como él señala, "...la cuestión hay que planteársela a la naturaleza en lenguaje matemático, puesto que sólo en éste se puede lograr la respuesta, la pregunta misma está dirigida al proceso que tiene lugar en el mundo material práctico".

Al crear su teoría, Heinsenberg no siguió a sabiendas la senda de la simple unión de las teorías específicas existentes de los tipos aislados de partículas y campos. Partiendo de lejanas analogías, la basó en el concepto generalizado del campo físico único, del que deberían deducirse matemáticamente las propiedades de todas las variedades de los campos y partículas.

Según se dijo anteriormente, la primera peculiaridad de la nueva teoría consiste en que su campo único no es simplemente continuo, sino que incluye en sí *discontinuidad*. Esto tiene su expresión en que, en sus ecuaciones, Heinsenberg introdujo la "longitud elemental" límite l del orden del "diámetro" del electrón, 10^{-13} cm., a lo que corresponde también un "intervalo elemental de tiempo" del orden de 10^{-24} seg. La constante l es la tercera constante mundial universal, junto con la velocidad de la luz c en el vacío y el cuanto de acción h. Las constantes mundiales c y h intervienen en una forma latente en la ecuación: en ésta las unidades de medición han sido elegidas de modo que $c = 1$ y $h = 1$, lo que también se puede hacer para l.

Esta teoría se basa en unas magnitudes matemáticas especiales —los *espinores*— que ya hemos mencionado anteriormente. Los espinores describen a las partículas de espín semientero (½, 1 ½, etc.). Merced a esto se tiene la posibilidad de deducir de ella las propiedades de partículas cualesquiera incluidas las de espín entero. En efecto, sumando y restando, se puede obtener de las mitades cualquier número entero o cero, así como cualquier número semientero. Pero mediante suma y resta no se puede obtener un número mitad o semientero.

La nueva teoría no *es lineal*, por lo que es capaz de tener en cuenta la interacción de una partícula consigo misma. Satisface las condiciones de la teoría especial de la relatividad (la llamada invariante respecto a las transformaciones de Lorentz), las premisas de la relación de indeterminación de la mecánica cuántica y todas las *leyes de la conservación*: del impulso, la energía, el momento

de la cantidad de movimiento, los bariones, la carga, el espín y la paridad. Esto se logra merced a que en la ecuación intervienen unas magnitudes especiales, las matrices de Dirac; las reglas de las operaciones que con ellos se realizan se diferencian de las corrientes; en particular, el producto AB no es igual al BA.

Elimina también la contradicción entre la teoría especial de la relatividad y la teoría cuántica, de lo que se trató más arriba, y las divergencias que de esto se desprenden.

Lo continuo y lo discontinuo en la mutabilidad de los cuadros del mundo

En el transcurso de milenios, se han ido formando las nociones científicas sobre la estructura de la materia. Si se considera este desarrollo como un proceso único, observaremos que, en su totalidad, ha pasado de las concepciones sobre la materia inicial continua a la noción acerca de la multiplicidad de esencias elementales aisladas. Se han dado, claro está, desviaciones respecto a esta línea general. Y únicamente durante estos últimos tiempos, las tentativas de crear un cuadro científico del mundo han vuelto —evidentemente a un nivel incomparablemente más elevado— a la continuidad del "apeiron" de Anaximandro y a los torbellinos de Descartes.

El discípulo de Tales, Anaximandro de Mileto, que vivió alrededor de los años 610 a 546 a. n. e., consideraba que lo infinito es la base de todas las cosas. La substancia del universo —el apeiron (es decir "lo ilimitado en extensión")— es la fuente de cuatro elementos. El apeiron es identificable al espacio inagotable al que llena completamente. En las entrañas de esta substancia, de esta materia inicial, siempre y en todas partes se forman movimientos en torbellino. Éstos originan nuevos mundos, que existen cierto tiempo, luego se disuelven y son sustituidos por otros, ya que se originan nuevos movimientos en torbellino.

Con las concepciones de Anaximandro coinciden en parte las del matemático, filósofo, físico y fisiólogo francés del siglo XVII, Descartes. En su física (a diferencia de su filosofía), consideraba la materia como la única substancia, el fundamento único de la existencia y la conciencia, atribuyéndole una fuerza creadora independiente. De acuerdo con sus concepciones, la materia llena totalmente el espacio, sin dejar lugar alguno vacío. Ella se encuentra en continuo movimiento, manteniéndose constante su cantidad de movimiento. Descartes admitía el desarrollo del universo, la multiplicidad de los mundos, la formación de las estrellas y los planetas merced al movimiento en torbellino de la materia.

Es sorprendente la profundidad de las ideas de Anaximandro, quien a pesar de la errónea identificación del espacio y la materia, comprendió que la materia y el espacio son inseparables, que es inevitable la mutación eterna de las formas de la materia en el espacio y el tiempo. No deja de ser notable el que Descartes compartiese estas ideas, a pesar de su gnoseología idealista.

Todas estas ideas intervienen en la nueva teoría. Pero en ella se ha incluido, además, la contradicción dialéctica de la materia, con la particularidad de que se ha incluido, por así decirlo, en sus mismos fundamentos: la función ψ, que determina la solución de la ecuación planteada, se refiere no sólo a la asociación de partículas, sino a cada una de las partículas elementales por separado. Esto significa que expresa las propiedades fundamentales de cualquier partícula estructural de la materia y las características de su interacción con el medio, las leyes de sus transformaciones.

Según señala el mismo Heisenberg, su ecuación debe ser considerada únicamente como un proyecto. Sólo después de algunos años de análisis matemático de las conclusiones que de ella se desprenden, así como de su comprobación experimental, se podrá dar un juicio definitivo acerca de ella. Pero ésta es la suerte que ha de correr cualquier idea teórica, y más aun, una idea tan universal

como ésta. Lo más probable es que el aparato matemático se afine todavía más de una vez, a fin de lograr no sólo una concordancia cualitativa, sino también cuantitativa con la experiencia.

A pesar de ello, hasta ahora se obtienen —aunque sólo sea en una primera y burda aproximación— importantísimas características cuantitativas, como, por ejemplo, los valores de las constantes de la interacción de los campos electromagnético, el creado por el electrón y el positrón y el nuclear, así como también las magnitudes de la masa de los nucleones y de los mesones π. Aun cuando no coinciden todavía con los valores determinados experimentalmente, sus órdenes son los mismos. Esta circunstancia representa en sí una conquista notable de la física. Y como todo verdadero logro de las ciencias naturales, también esta vez nos ofrece una nueva y brillante confirmación del materialismo dialéctico.

La importancia metodológica de la nueva teoría

Es de enorme y fundamental importancia el que en la nueva teoría el número de constantes que en ella intervienen haya sido reducido al mínimo: a las tres constantes mundiales y universales c, h y l. Con su ayuda, deberán construirse todas las magnitudes físicas que expresamos de ordinario en unidades tomadas convencionalmente: el gramo, el centímetro y el segundo. Mediante ellas, se deberán deducir también todos los valores numéricos y empíricos que conocemos de las constantes que caracterizan las formas materiales aisladas. Esto se halla en justa correspondencia con la tendencia histórica de la física.

Así, por ejemplo, anteriormente, las magnitudes que caracterizan las propiedades de los elementos químicos —sus pesos atómicos, valencias, espectros, etc.— se conocían solamente como datos ofrecidos por la experiencia. Después de haber descubierto Mendeléiev la ley periódica y luego, merced a los éxitos de la física cuántica, estas constantes fueron explicadas y deducidas matemática-

mente de la ley única de la estructura atómica. Del mismo modo ahora, a diferencia de la ecuación de Dirac, en la que la masa del electrón interviene como una constante empírica, inaccesible al análisis matemático, en la ecuación de Heinsenberg la masa no interviene. Las masas de las partículas elementales se deducen matemáticamente de esta ecuación de onda, como "valores propios" de ella.

Sin entrar en detalles, aclararemos el significado del término "valores propios" con un sencillo ejemplo. El estudio de las pequeñas oscilaciones transversales libres de una cuerda de instrumento vibrada conduce a la llamada ecuación de onda:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2},$$

que relaciona la segunda derivada respecto al tiempo t, del desplazamiento u de los puntos de la cuerda respecto a la posición de equilibrio, con su segunda derivada respecto a la longitud de la cuerda, x; a es una constante que depende del estiramiento y de la densidad de la cuerda (fig. 20).

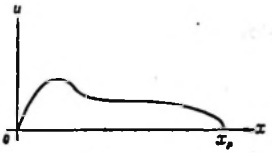


Fig. 20. — Oscilación de una cuerda de piano sujeta por los puntos $x = 0$ y $x = x_p$.

Esta ecuación diferencial posee una cantidad infinita de soluciones que pasan ininterrumpidamente de una a otra, y si se desconocen las características físicas de los extremos de la cuerda (por ejemplo, si han sido fijados o están sueltos), no se puede decir qué solución de la ecuación de onda nos interesa. Pero, si se supone que los extremos han sido fijados, de todas las soluciones hay que elegir únicamente aquellas que satisfacen a las condiciones en los extremos. Esto se consigue mediante la elección de los valores del pará-

metro que hasta entonces era arbitrario. Estos valores —los múltiplos de 1, 2, 3, 4...— son, precisamente, los *valores propios*. Por lo tanto, a pesar del carácter continuo de la ecuación de onda diferencial, de ésta se deducen una serie discontinua de soluciones, correspondientes a tales estados del sistema físico dado en los que la solución es perfectamente determinada.

Así, pues, en la nueva teoría, la masa no está dada simplemente, sino que es explicable en forma determinada. Se desprende de las características fundamentales y contradictorias de la materia —del espacio y el tiempo—, la contradicción de las cuales es el motor que impulsa el desarrollo de la materia. "El movimiento es la esencia del tiempo y del espacio. Dos nociones fundamentales expresan esta esencia: la (infinita) continuidad (Kontinuität) y la «puntual» (= a la negación de la continuidad, a la *discontinuidad*). El movimiento es la unidad de lo continuo (del tiempo y el espacio) y lo discontinuo (del tiempo y el espacio). El movimiento es contradicción, es una unidad de contradicciones" —escribía Lenin.

El paso a la nueva atomística

Por consiguiente, en la nueva teoría se efectúa el paso del atomismo metafísico, con su contraposición no dialéctica de lo discontinuo y lo continuo, de la materia puntual y el espacio vacío, a la nueva atomística. Ésta, según señalaba Engels, reconoce que las partes discontinuas de diversos grados son diferentes "puntos nodales" que determinan las distintas formas cualitativas de la existencia de la materia.

Esta nueva atomística fue enfocada desde diversos puntos de vista por muchos pensadores relevantes. Anteriormente, hemos mencionado a Descartes. La desarrolló también un científico dálmata del siglo XVIII, el idealista Boscovich, fundador de la doctrina sobre el atomismo dinámico. Consideraba éste que a los elementos primarios de la substancia les son inseparablemente propias

las fuerzas de repulsión y de atracción. Su interacción habría de explicar todos los fenómenos de la naturaleza.

Ideas similares defendían también los físicos ingleses, los materialistas mecanicistas W. Thompson (Lord Kelvin) y J. J. Thomson, y en los últimos tiempos, Einstein y los astrofísicos idealistas ingleses Eddington y Milne. Sin embargo, las profundas ideas físicas de estos pensadores se vieron también frecuentemente tergiversadas por planteamientos y conclusiones profundamente erróneos gnoseológicamente.

En la nueva teoría desempeña un papel determinante el *carácter contradictorio de la noción espacio-tiempo.* Esto se halla totalmente de acuerdo con todos los conocimientos que pone a nuestro alcance la física sobre el carácter de la conexión entre la materia y su movimiento, respecto a sus formas fundamentales de existencia —al espacio y al tiempo. Se trata de la dependencia de la masa del cuerpo respecto a su velocidad relativa; la interdependencia del movimiento de las masas y de las propiedades (métrica) del espacio-tiempo; la posibilidad de deducir las leyes de conservación del impulso, la energía y el momento de la cantidad de movimiento a partir de las propiedades de simetría, homogeneidad e isotropía del espacio y el tiempo; la ligazón indisoluble entre la masa y la energía; el carácter discontinuo-continuo, dual, de las formas estructurales de la materia —la substancia y el campo—; el carácter discontinuo de una importantísima magnitud física, la acción; la posibilidad de deducir todas las leyes físicas a partir del principio de la acción mínima.

La nueva teoría, junto con la unidad dialéctica de las contradicciones polares de lo continuo y lo discontinuo, abarca también la unidad indisoluble de las contradicciones de lo posible y lo real, de la necesidad y la casualidad. Rompe definitivamente con la "estrechez de miras del determinismo mecanicista", justamente condenado por Engels. La sustituye por el determinismo dialéctico que no contrapone la casualidad a la necesidad como ca-

tegorías que se excluyen mutuamente, sino que incluye la casualidad en una ley necesaria.

7. LAS ÚLTIMAS PERIPECIAS DEL IDEALISMO "FÍSICO"

El sentido objetivo de la teoría de Heisenberg consiste en hacer más profundo nuestro conocimiento de la naturaleza. La teoría única de la materia sirve al desarrollo ulterior del materialismo bajo su forma moderna, auténticamente científica; el materialismo dialéctico.

La evolución de las concepciones filosóficas de Heisenberg

Pero, ¿significa acaso esto que el mismo autor de esta teoría, Heisenberg, haya adoptado las posiciones del materialismo y la dialéctica? Esta cuestión no puede sernos indiferente. A diferencia de muchos naturalistas, que afirman erróneamente que las ciencias naturales no tienen nada que ver con la filosofía, Heisenberg reconoce la gran importancia que tienen las ideas filosóficas en el desarrollo de las ciencias naturales. ¿Cuáles son sus opiniones filosóficas subjetivas?

En el transcurso de tres decenios y hasta estos últimos tiempos, Heisenberg defendía combativamente las nociones machistas, afirmando, en particular, que los microobjetos existen en tanto que los observamos.

Pero, he aquí que se hicieron públicas sus nuevas manifestaciones. Las hemos dado a conocer más arriba. De ellas parece deducirse claramente que ahora Heisenberg ha renunciado a sus concepciones idealistas subjetivas, positivistas. A simple vista puede parecer que ha pasado al campo del materialismo, sobre todo si se tienen en cuenta las palabras que se citan a continuación, tomadas de un artículo publicado en un tomo editado para conmemorar el septuagésimo aniversario de Niels Bohr: "Pero el físico debe tomar como punto de partida de su ciencia que estudia un mundo que no ha sido creado por él y que existiría también sin él, siendo esencialmente el mismo".

Desgraciadamente, la conclusión de que Heisenberg se ha hecho partidario del materialismo o, por lo menos, ha comenzado a inclinarse hacia el materialismo filosófico, es precipitada y errónea. Lo único cierto es que Heisenberg ha vuelto la espalda al idealismo *subjetivo*. En el discurso pronunciado el día del centenario del nacimiento de Max Planck, Heisenberg, con todo detalle y sin lugar a dudas, se declara partidario del idealismo objetivo, fundamentalmente en su variedad platónica.

La resurrección del platonismo

Como es sabido, el filósofo de la Grecia antigua, Platón, consideraba que las cosas sensoriales no son más que sombras pasajeras de la "existencia real", invariable y perteneciente al más allá, del mundo de las ideas. Según él, las reminiscencias del alma inmortal acerca del mundo de las ideas que aquélla contempló antes de instalarse en nuestro cuerpo mortal son el manantial del conocimiento real. De la doctrina de los pitagóricos, Platón tomó la concepción mística de los números enteros y de las formas geométricas como si representasen la esencia de las cosas.

¡Y he aquí que Heisenberg interpreta paradójicamente el gran descubrimiento de Planck —el del cuanto de acción— como la resurrección de las ideas de Platón! según él, esto por lo visto confirma que la fuente final de los fenómenos no es la materia, sino la forma, la imagen, la idea. El descubrimiento de Planck lo considera "una introducción (o «inserción» - «Einsetzung») en la naturaleza en escala determinada". Esta "introducción" es, según él, semejante a la que efectúa Platón.

Platón consideraba, escribe Heisenberg, que el mundo está construido con partículas elementales que son poliedros regulares (fig. 21); el mundo construido con tierra es un cubo; con agua, un icosaedro; con aire, un octaedro y con fuego, un tetraedro. (El quinto poliedro regular —el dodecaedro—, cuyas caras son pentágonos regulares, se identificaba con el éter, la mansión de los dioses).

Pero los cuatro cuerpos platónicos, razona Heisenberg, no eran ni mucho menos considerados como indivisibles, sino como formados por triángulos regulares. Por eso, por ejemplo, con 2 partículas de aire y 1 de fuego se construye una partícula de agua. Pero estos triángulos no son materia, sino únicamente formas matemáticas. Por lo tanto, filosofa Heisenberg, la raíz final de los fenómenos no reside en la materia, sino en la ley matemática, en la simetría, en la forma matemática.

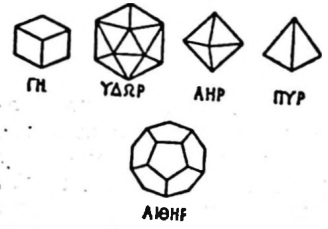


Fig. 21. — Los cuerpos regulares de Platón.

Arriba: cubo, icosaedro, octaedro, tetraedro. Abajo: dodecaedro.

Así, pues, manifiesta Heisenberg, Platón ratificó bajo la forma de imágenes matemáticas —poliedros que poseen una relevante simetría, belleza y sencillez— la primacía de la forma ideal sobre los cuatro elementos, sobre la materia. Y Heisenberg proclama que "...del mismo modo que lo planteaba Platón, lo que consideramos aparece, por consiguiente, como si la base de éste, a primera vista, complejísimo mundo de partículas elementales y campos de fuerza fuera una simple y transparente estructura matemática".

La diferencia entre la concepción moderna y la platónica, Heisenberg la ve únicamente en dos relaciones. Nosotros solamente reconocemos (o aceptamos, "akzeptieren") la teoría cuando ésta refleja la experiencia en todos sus detalles. En Platón, la simetría era estática y se la podía percibir palpablemente, explicarla mediante figuras geométricas. Ahora, su expresión está dada por formas matemáticas abstractas que se refieren al espacio y al tiempo y sólo puede ser explicada mediante ecuaciones.

¿Puede acaso el físico "insertar" algo en la naturaleza?

¿Pero es acaso cierto que Planck "introdujo" o "insertó" en la naturaleza la constante *h*? ¿Acaso no la *dedujo* de las leyes de la naturaleza, determinadas por las estimaciones realizadas con instrumentos, después de lo cual, donde la introdujo no fue ni mucho menos en la naturaleza, sino en una ecuación que refleja las leyes de la naturaleza? ¿Acaso no puede decirse lo mismo de la constante *l*, introducida por el mismo Heisenberg? Pero es más, supongamos que estas constantes, así como las mismas ecuaciones, son formas platónicas que se han tomado del mundo eterno de las ideas. Entonces, se plantea la cuestión ¿para qué nos hace falta reconocer la teoría solamente cuando ésta coincide en todos sus detalles con el experimento, según exige el mismo Heisenberg? ¿Y de qué otra forma —de no ser por un milagro— puede explicarse el que estas formas platónicas matemáticas que introducimos en la naturaleza la reflejen luego realmente, aunque no en todos, admitámoslo, sí en muchos de sus detalles, permitiéndonos prever fenómenos que antes de esto no habíamos observado?

No cabe la menor duda de que Heisenberg interpreta en forma totalmente errónea tanto la esencia de las nociones matemáticas como el papel que éstas desempeñan en la física. Heisenberg comparte la ilusión idealista, anteriormente señalada, de ciertos científicos occidentales, según la cual, todo lo existente se basa en relaciones matemáticas "elegantes y sencillas". La posibilidad de deducir las numerosas constantes físicas, determinadas empíricamente, a partir de un número mínimo de constantes básicas, mediante ecuaciones (y dicho sea entre paréntesis, no tan "sencillas"), se basa en la unidad material de la naturaleza. Pero este hecho, Heisenberg lo plantea completamente al revés: la unidad de la naturaleza es creada por relaciones y símbolos matemáticos, las cifras no se limitan a expresar simplemente su ley, sino que forman por sí solas los principios ideales del mundo. ¡De aquí hay sólo un paso al pitagorismo moderno, que desearía dedu-

cir las mismas constantes mundiales, y junto con ellas todas las leyes de la física, de los números enteros, y hasta, a ser posible, sólo de dos números —el 0 y el 1—, en forma puramente especulativa, como intentó hacerlo Eddington!

En este mismo sentido platónico entiende también Heisenberg la realidad. Afirma éste que en la física contemporánea son una realidad no los hechos reales, sino únicamente la *posibilidad* de que los sucesos se hallen sometidos a leyes naturales exactas. Bien es verdad que Heisenberg reconoce que la teoría cuántica, merced a su conexión con el atomismo, está relacionada de cerca con aquellas "doctrinas filosóficas, que sitúan a la materia en el centro de su sistema", o dicho de otro modo, con el materialismo. Y previene también que no hay que sobreestimar la influencia de la filosofía de Mach sobre la teoría de la relatividad y la física cuántica. Se desentiende además del idealismo subjetivo, al decir que, en la actualidad, la interpretación por todos aceptada de estas teorías no considera, en general, las sensaciones como el dato primario, cosa que antes tenía lugar. Pero, agrega Heisenberg, "...en el desarrollo de los últimos años tiene lugar un cambio de dirección muy señalado que va de Demócrito a Platón...".

Lenin enseñaba que para el materialismo metafísico el idealismo filosófico es sólo un absurdo. Pero el materialismo dialéctico nos enseña que el idealismo es la exageración *unilateral* de una de las facetas del conocimiento, su transformación en algo *desligado* de la materia, en la edificación de lo absoluto. Esta senda de la unilateralidad, que lleva directamente al fideísmo, es la que sigue Heisenberg. Y ya ahora, su erróneo planteamiento es un obstáculo para sus investigaciones físicas. Heisenberg parte de que "...las partículas elementales, y, en especial, los protones, neutrones y electrones, son los eslabones últimos, indivisibles de la materia". ¡Si esto fuera así, la teoría que construye daría soluciones definitivas a todos los problemas de la física y, por consiguiente, significaría el fin de todo desarrollo científico!

Pero de que con los medios existentes en la actualidad no se haya conseguido penetrar "en las entrañas" de las partículas elementales, no se deduce, ni mucho menos, que no se pueda lograr mañana con medios más potentes. Claro está que es muy posible que el electrón no esté construido, a semejanza del átomo, de partículas cualesquiera aun más pequeñas —"subelectrones"— y que tampoco sea un "paquete de ondas". Es muy posible que sus "partes componentes" resulten ser una nueva forma estructural de la materia que, por ahora, desconocemos. Pero el no comprender que el electrón es en cierto sentido únicamente un "punto nodal", como lo era hasta hace poco el átomo, suponer que una teoría cualquiera nos puede dar un conocimiento exhaustivo de la realidad sólo puede hacerlo aquél a quien los éxitos del pensamiento matemático abstracto han ocultado su fuente material concreta.

El hecho del paso de Heisenberg del idealismo subjetivo al objetivo es digno de ser tenido en cuenta, tanto más cuanto que no es único. Es característico —en forma más o menos manifiesta— de todo un grupo de físicos modernos de los países capitalistas.

Entre el idealismo objetivo y el subjetivo no hay diferencia esencial alguna. Tanto uno como otro son anticientíficos. Pero esto no significa que nos sea indiferente el proceso que tiene lugar ante nuestra vista de debilitamiento del positivismo e intensificación del idealismo objetivo, en particular entre los naturalistas de los países capitalistas. Y estamos obligados a investigarlo porque sólo cuando se conoce a fondo al enemigo y las armas que emplea se puede luchar con éxito contra él, se puede saber en qué dirección conviene atacar y en dónde hay que buscar aliados.

Las causas sociales de la vuelta al platonismo

No cabe la menor duda de que este desplazamiento hacia el idealismo objetivo se liga con la intensificación del deslinde ideológico entre la intelectualidad de los paí-

ses capitalistas. En las condiciones de la lucha ideológica actual y agudísima, este deslinde transcurre con extrema intensidad. No hay que perder de vista que esta lucha abarca ahora a la totalidad del mundo, sin que se vea libre de ella ni una sola manifestación de la conciencia social —ni la moral, ni el derecho, ni el arte, ni la ciencia. Este deslinde conduce a los mejores representantes de la intelectualidad, a científicos de la talla de Langevin, Joliot-Curie, Bernal y Struik, al materialismo dialéctico. En cambio, otros grupos de intelectuales caen cada vez más, bajo la influencia ideológica de la burguesía imperialista.

Pero, en nuestra época, cuando el capitalismo lucha espasmódicamente por conservar los restos de su antes incompartido imperio sobre el mundo, para la burguesía imperialista es ya insuficiente la filosofía a medias tintas del "despreciable partido centrista", como llamó Lenin al positivismo. ¿Dónde pueden entonces buscar una filosofía que pueda resistir el empuje de nuestra filosofía científica, cuya fuerza vital y veracidad ha quedado confirmada por los hechos de las grandes victorias económicas, científicas y culturales de la Unión Soviética y de todos los países del campo socialista?

El 19 de noviembre de 1958, el Secretario de Estado de EE.UU de Norteamérica, John Foster Dulles, pronunció un discurso en la conferencia del Consejo Nacional de las Iglesias Cristianas, celebrada en Cleveland (Estado de Ohio). Al señalar que en todo el mundo se sigue con redoblada atención el modo de vida norteamericano, Dulles manifestó: "Son muchos los que consideran que no estamos a la altura que nos corresponde... Parecemos ser incapaces de formular los fundamentos de la filosofía de nuestro tiempo, capaz de testimoniar una convicción profunda y poseer una gran fuerza de atracción".

En esto estamos incondicionalmente de acuerdo con su excelencia el señor Dulles. El imperialismo es incapaz de crear una filosofía convincente y atractiva para la inmensa mayoría de la gente —para los trabajadores de cualquier nación del mundo, cualesquiera que sean los ser-

vicios de los profesores diplomados a que recurra. Y no podrán crearla porque para los obreros, los campesinos, los empleados y los trabajadores intelectuales nunca podrán llegar a ser afines los intereses de los millonarios, nunca podrá ser de su agrado un modo de vida en el que no hay seguridad en el futuro, no hay la seguridad de conservar el trabajo suyo ni el de los seres queridos.

En su búsqueda de una filosofía que pueda oponerse al desarrollo hacia el comunismo de la sociedad humana, las fuerzas reaccionarias no tienen más remedio que enterrar las doctrinas "terrestres" pseudocientíficas y filosóficas y recurrir a la ayuda del fideísmo sin tapujos, que se apoye en la masa de creyentes.

Necesitan para ello el idealismo objetivo —el platonismo, y, en particular, el neotomismo. Esta doctrina oficial del catolicismo contemporáneo ha hecho renacer la escolástica medieval de Tomás de Aquino, con su supeditación de la ciencia a la religión, bajo el pretexto de su armonía, y su justificación de la esclavitud y de la desigualdad social en esta "tierra de Judas", prometiendo a cambio el "juicio final" después de la muerte.

Al propagar esta doctrina, enemiga del progreso social, a través de su potente aparato propagandístico, la agencia papal de los monopolistas de los EE.UU en Europa Occidental y en América Latina maniobra disimuladamente para acomodarla a la actualidad. Los propagandistas del neotomismo falsifican las deducciones de la física, la cosmología y la biología. Se manifiestan como enemigos combativos del materialismo en las numerosas publicaciones de la Iglesia, en obras tan reaccionarias como el "Materialismo dialéctico soviético ruso" de Bochenski, "El materialismo dialéctico, su historia y su sistema en la Unión Soviética" de Wetter y otras muchas obras de autores jesuitas. Estas obras son ampliamente divulgadas no sólo por los católicos, sino por los protestantes, las diversas sectas, etc. Manifestándose aparentemente unos contra otros, estos representantes de las diversas religiones están unidos por su odio feroz contra el materialismo dialéctico.

A las clases dominantes de las potencias imperialistas les hace falta el neotomismo no sólo para mantener sometidas a las masas trabajadoras, para engañarlas con llamamientos a la creación del imperio universal del poder religioso, encubiertos con una fraseología anticapitalista; les hace también falta para que, arguyendo que el poder terrenal es "obra de Dios" y encarna "la moral absoluta", se sometan sin rechistar los científicos; la ciencia deberá servir a los fines de la agresión imperialista. Los científicos cuyas investigaciones tienen ahora una importancia decisiva para la preparación de la guerra atómica con bombas de hidrógeno y con cohetes, no deben adherirse al movimiento de los partidarios de la paz.

La ciencia está en contra del positivismo

Para determinada cepa de naturalistas, el paso al idealismo objetivo se ha convertido, en las condiciones actuales del mundo capitalista, en lo que podríamos llamar el cumplimiento necesario de un "encargo social". Pero si ésta es la base clasista de este fenómeno, sus raíces gnoseológicas residen en el desarrollo de las ciencias naturales mismas.

Cuando en las postrimerías del siglo pasado, con el descubrimiento de la radiactividad y el electrón, los fundamentos de la física parecían desmoronarse, Mach pudo negar la realidad del campo electromagnético y Ostwald la existencia real de los átomos y moléculas. Pero la misma física puso fin a semejante enfoque de la realidad. Fue ella quien dio las demostraciones más irrefutables de los objetos que estudiaba, ya que comenzó por crearlos en sus laboratorios y luego los hizo salir del silencio de los laboratorios a las naves de las empresas industriales y a la existencia cotidiana.

La realidad del campo electromagnético ha sido demostrada de forma suficientemente palpable por la electrotécnica, radiotécnica, electrónica y radiolocalización. La física crea artificialmente variedades isotópicas inestables

de elementos químicos que no han sido descubiertos en la parte que conocemos del universo. Los utilizamos ampliamente en la industria, agronomía y medicina. Los físicos "fabrican" partículas elementales que fueron descubiertas por vez primera únicamente en los rayos cósmicos o que ni siquiera han sido halladas en nuestro mundo, realizando sus transmutaciones recíprocas. Y, finalmente, la física ha conquistado la energía del núcleo atómico y, de este modo, ha dado a conocer el argumento verdaderamente más contundente en favor de la existencia real de los objetos físicos.

En estas condiciones se comprende que el idealismo "físico", engendro del último cuarto del siglo pasado, se vea en trances extraordinariamente difíciles. ¿Cómo puede ahora argumentar en favor de su tesis idealista-subjetiva fundamental acerca de la "desaparición de la materia"? ¿Cómo puede negar ahora que las nociones físicas reflejan una realidad que existe objetivamente? No hay juegos de manos ni "disfraces" capaces de sacarlo de su nada envidiable situación.

No les sirve de ayuda ni el llamado "operacionismo", por el que se afirma que nosotros estudiamos no ya los objetos materiales, sino únicamente los procesos de medición; ni el "empirismo lógico", que sustituye el estudio de la realidad por el análisis lógico de las palabras, ni otras escuelillas y tendencias del positivismo contemporáneo, cualesquiera que sean los vocablos de moda con que se denominan. Por eso, muchos físicos que durante luengos años mantuvieron concepciones machistas abandonan ahora el subjetivismo.

Al deterioro de las concepciones idealistas subjetivas en la física, enemigas de la ciencia, a la desaparición de la confianza que en ellas tenía depositada una parte de los físicos occidentales, contribuyó no poco la crítica que durante muchos decenios vinieron realizando los materialistas dialécticos, siguiendo las indicaciones de Lenin. Una enorme importancia tuvo el gran ejemplo dado por la ciencia de la Unión Soviética, que en muchos sectores aven-

tajó con sus logros a la ciencia de los países capitalistas más desarrollados. Los científicos soviéticos, al contar en su arsenal con el método materialista dialéctico de conocimiento, abrieron nuevas sendas en la ciencia y la transformaron en un medio potente de la construcción de la sociedad comunista.

La ciencia soviética, cuyo fundamento ideológico es el marxismo-leninismo, hace tiempo que se ha convertido en el centro de atracción de los sabios de los países de las democracias populares y de los hombres de ciencia progresistas de Occidente y de Oriente. Tanto en la filosofía como en las ciencias naturales, el campo de los materialistas militantes se ha convertido en una fuerza invencible que ataca victoriosamente al campo del idealismo y el obscurantismo, en franca descomposición interna.

Las raíces gnoseológicas del retorno al platonismo

Las posiciones del idealismo subjetivo sufrieron una intensa conmoción. Pero, como ya se dijo anteriormente, esto, por desgracia, no significa aún que todos los físicos que se apartaron de aquél para acercarse a la "realidad" se hagan materialistas. Una parte de ellos fue a engrosar las filas de los partidarios del idealismo objetivo. Este cambio hacia el idealismo objetivo tiene, como es natural, sus raíces gnoseológicas.

En nuestra época existe una conexión extraordinariamente sólida entre la física y las matemáticas. Éstas son las "proveedoras" de modelos abstractos para aquellos complejísimos modelos físicos que estudia la física contemporánea. Ello da un impulso al surgimiento y desarrollo de ramas nuevas y más abstractas de las matemáticas. Al mismo tiempo, las matemáticas adquieren "cualidades físicas". Se crean veloces mecanismos de cálculo y resolución electrónicos, cada vez más perfectos y potentes, máquinas lógicas, cibernéticas. Éstas dan la posibilidad de resolver problemas que hasta el presente eran inaccesi-

bles a la capacidad humana. Pero, a consecuencia de esto, varían las mismas matemáticas, surgen nuevas ramas de la misma, nuevos métodos, "mecánicos", de cálculo. Se hace necesaria una revisión general de sus fundamentos lógicos. Debido a esto, se eleva a una altura jamás alcanzada la importancia de la lógica simbólica, matemática.

Y son estos, en verdad, grandes progresos de las matemáticas y de la lógica simbólica, los que, aun en mayor grado que anteriormente, han hecho perder la cabeza a ciertos científicos. Ellos se imaginan que precisamente el campo de las matemáticas y la lógica —campo del "pensamiento puro"— es la única realidad. Ahora no están de acuerdo con la tesis positivista: "el mundo exterior es un conglomerado de sensaciones"; pero la sustituyen por otra, de origen idealista objetivo: "la realidad es el pensamiento lógico".

De este modo se efectúa el desplazamiento de una parte de los científicos, antiguos partidarios del positivismo, hacia un mundo ideal que, según ellos, se encuentra tanto sobre la existencia material como también sobre nuestras sensaciones. En la esfera de las formas matemáticas absolutamente perfectas, de las verdades lógicas absolutas, en la esfera de la deducción pura, estos científicos buscan un refugio seguro contra las contradicciones irresolubles en que transcurre el desarrollo de la ciencia en los países del imperialismo.

Pero, por muy indudable que sea el hecho de que el positivismo se halla en la actualidad en decadencia, de él no se infiere, ni mucho menos, que ha sido totalmente aniquilado y no cuenta ya con partidarios entre los naturalistas contemporáneos. Razonar de este modo y, por lo tanto, debilitar la lucha contra él, equivaldría a desarmarse. Por el contrario, es ahora precisamente cuando tiene una gran importancia la lucha contra el idealismo "físico", sin hacer concesión alguna, sin pasar nada por alto, descubriendo a tiempo la esencia gnoseológica de los subterfugios a que recurre. A esto nos obliga el hecho de que la conquista práctica de la energía atómica ha planteado an-

te la humanidad el problema de elegir hacia dónde dirigir esta energía: hacia la destrucción o hacia la felicidad —problema éste que, por su agudeza, hasta ahora no se había planteado en la historia. Junto con esto, se ha agravado en extremo el choque entre las dos formas del pensamiento: una, individualista, aventurera, mística; la otra, social, humana, racional. Es evidente que esta necesidad de continuar una lucha ideológica intransigente no excluye sino que obliga a enjuiciar a los representantes del idealismo "físico" de un modo diferenciado, a no incluirlos a todos en un mismo grupo, a tener en cuenta en qué sentido se desarrollan las concepciones de cada uno de ellos.

Últimamente, Pauli se ha manifestado activamente entre los partidarios del idealismo "físico". Ha inventado un nuevo subterfugio para salvar el viejo juego de manos machista sobre la desaparición de la contradicción gnoseológica entre el objeto y el sujeto. Ha introducido el concepto del "corte" que ocurre entre el fenómeno físico que se investiga y el instrumento de medición, "corte" que, según él, "elimina la relación entre la conciencia y el ser". La situación de este "corte" es arbitraria y, según dice, depende totalmente de la voluntad del físico. Esta "idea" subjetivista fue recogida por el físico austríaco March. Pero éste añadió a aquélla un nuevo descubrimiento no menos "impresionante". Según él, las partículas elementales son "estructuras insubstanciales" ("substanzlose Strukturen"). Hablando con propiedad, según Pauli y March, la base del mundo físico es inmaterial. En Francia, los esposos Destouches propagan con todo celo estas novísimas variantes del positivismo, utilizando ampliamente para ello el aparato de la lógica matemática. En la Alemania Occidental esta tendencia es popularizada por Weizsäcker, físico y astrofísico de Gotinga, quien ha llegado hasta a sacar conclusiones abiertamente religiosas, con lo que, una vez más, se demuestra que el machismo abre de par en par las puertas al fideísmo.

8. EL IDEALISMO "FÍSICO" AL SERVICIO DEL REVISIONISMO DE NUESTRA ÉPOCA

En el artículo escrito en 1913, "Vicisitudes históricas de la doctrina de Carlos Marx", Lenin distingue tres períodos en el desarrollo del marxismo: el primero: desde la revolución burguesa de 1848 hasta la Comuna de París, en 1871; el segundo: hasta la primera revolución rusa de 1905; el tercero comienza a partir de la revolución de 1905 y termina, a nuestro entender, en la Revolución de Octubre de 1917.

A éste siguió un cuarto período cualitativamente nuevo, ya que el marxismo se ha convertido ahora en la ideología del régimen socialista, vencedor en Rusia y triunfador en la actualidad en más de una cuarta parte de la esfera terrestre.

En el transcurso de todo este tiempo, la burguesía no ha interrumpido nunca su lucha contra el marxismo. Lo único que ha hecho ha sido variar de métodos. Al principio, la burguesía cifraba sus esperanzas en el aplastamiento del marxismo con la sola fuerza de la policía secreta. Luego vinieron en su ayuda los profesores burgueses en filosofía, economía política, sociología, historia, etc. Finalmente, para paralizar la energía revolucionaria de la clase obrera, de las masas trabajadoras, la burguesía procuró introducir en el movimiento revolucionario a propagadores de su ideología, a los revisionistas.

El aparato de propaganda de la ideología burguesa

En el período actual, aun conservando estos tres métodos de lucha contra el marxismo —delatores, lacayos diplomados y oportunistas— la burguesía ha desarrollado en forma colosal su aparato de propaganda, y lo financia sin reparar en gastos planteando ante sus ideólogos la tarea de luchar contra el marxismo-leninismo como el problema más importante. Es precisamente esta tarea la que cumplen millones de ejemplares de periódicos, revistas, libros, transmisiones diarias por radio y televisión, cine y teatro.

A ella se halla supeditada la enseñanza en las escuelas, comenzando por la primaria y terminando en la universitaria.

La propaganda antimarxista utiliza los más diversos métodos —tanto los más burdos como los más sutiles. Se acomoda a todos los gustos, utiliza todos los prejuicios y debilidades del hombre y se realiza teniendo como objetivo los más diversos grupos sociales.

Y esta propaganda está dirigida contra todas las facetas, sin excepción, del marxismo: tanto contra su política práctica como contra su espíritu vital: el materialismo dialéctico. Y por muy desesperados que sean estos esfuerzos —¡hay que ver cuántas veces en la prensa, en las obras "científicas", desde las cátedras y púlpitos se ha dicho que el marxismo había sido definitivamente refutado!— éste continúa todavía.

En este complicado mecanismo del engaño, la mentira y la difamación, que se extiende por todo el mundo capitalista y tiende a penetrar en nuestro campo socialista, el revisionismo moderno intenta cumplir a entera satisfacción de sus amos la tarea que le ha tocado en suerte de descomponer ideológicamente desde dentro los partidos comunistas y obreros.

Apoyándose en unos casos en la aristocracia obrera, alimentada por los capitalistas, y en otros en las inestables capas pequeñoburguesas existentes en la clase obrera y fuera de ella, los revisionistas intentan conmover los fundamentos más importantes de la ideología marxista. Junto con esto, los revisionistas disimulan su cruzada contra el marxismo llamándose a sí mismos marxistas y falsificando y presentando su doctrina como marxista, sin desperdiciar ningún subterfugio. En esto —y no sólo en esto— no se diferencian en nada de los oportunistas de las hornadas precedentes.

Una "guía" para la lucha contra el materialismo dialéctico

De libro de consulta del revisionismo moderno en su lucha contra la concepción marxista del mundo y, ante

todo, contra el materialismo dialéctico, puede servir la obra publicada en 1958 en París, de un tránsfuga llegado al campo del idealismo, de Henri Lefebvre, "Los problemas actuales del marxismo". Se trata de un libelo difamatorio desde el comienzo hasta el fin. Su autor tergiversa a sabiendas el sentido real de las manifestaciones de los clásicos del marxismo, aun cuando conoce perfectamente cuál es su verdadero significado. Utiliza el viejo subterfugio de los enemigos del marxismo, contraponiendo, como si se contradijesen entre sí, las concepciones de Marx, Engels y Lenin, ese mismo truco que Lefebvre, años atrás, cuando todavía se hacía pasar por marxista, se cuidaba de desenmascarar.

Emplea también otro recurso propio de todos los enemigos del marxismo: se aferra a los errores aislados que se dan en ciertos autores marxistas. Son éstos precisamente los que hace pasar por marxismo y entonces, claro está, le es fácil demostrar lo que quiere. Toma indistintamente sus ideíllas de las más diversas escuelas idealistas, incluida también la del idealismo "físico".

Lefebvre "elimina" la cuestión fundamental de la filosofía

El objetivo fundamental de la lucha de Lefebvre contra el materialismo dialéctico consiste en acabar con la cuestión fundamental de la filosofía, declarando que se ha hecho "vieja", que ha sido "eliminada", que no existe. Hace tiempo que los revisionistas niegan en política la existencia de dos campos —el del capitalismo y el del socialismo—. Ellos manifiestan que existen únicamente dos bloques militares, de cuya aparición es, según ellos, culpable la Unión Soviética. En directo paralelismo con esta tergiversación premeditada de la verdad, que los revisionistas han fabricado a petición de los incendiarios de guerra imperialistas, Lefebvre afirma que la división en dos campos filosóficos —idealismo y materialismo— ha sido inventada por los "dogmáticos marxistas". En las condiciones actuales, afirma a voz en cuello. "...la contraposi-

ción del marxismo al idealismo" es una "tendencia a la esclerosis" en la filosofía.

Es evidente que estas manifestaciones, cualesquiera que sean las frases hipócritas que las encubran, están dirigidas directamente contra la doctrina leninista. Pretendiendo estar "por encima" tanto del materialismo como del idealismo, aspirando a lo "científico". Lefebvre abre paso al idealismo, a la reacción, al fideísmo.

La división de la filosofía en dos campos es un hecho histórico, confirmado por su desarrollo durante dos mil años. El mérito de los clásicos del marxismo consiste en que han puesto este hecho al descubierto y lo han explicado. Ellos han sabido ver en la aparente diversidad abigarrada de tendencias filosóficas que se han ido sucediendo, estas dos líneas que luchan entre sí inconciliablemente, supieron ver a qué intereses de clase se hallan ligadas.

El descubrimiento de la "crisis del marxismo"

Según es sabido, a los modernos revisionistas de toda suerte les gusta comenzar sus ataques políticos partiendo de hipócritas reflexiones acongojadas acerca de "la crisis del comunismo". Imitándoles en esto, Lefebvre comienza su "análisis" de los problemas actuales del marxismo por un capítulo dedicado a "la crisis del marxismo y la crisis de la filosofía". Pero, el afirmar que el marxismo está en "crisis" se halla en flagrante contradicción con los hechos.

Los partidos comunistas y obreros agrupan en 83 países más de 33 millones de personas, unidas en una colaboración voluntaria, que luchan por el socialismo, basándose en la gran doctrina internacionalista del marxismo-leninismo. En los países en que impera el capital, a pesar de las persecuciones, el continuo acoso y la difamación, defienden valerosamente los intereses de los trabajadores, los agrupan para la lucha contra el capitalismo, los conducen a las victorias que no han de tardar. En los países socialistas, encabezan la construcción de una nueva socie-

dad, justa, basada en fundamentos científicos. Tanto unos como otros se rigen por el marxismo-leninismo, enriqueciéndolo y desarrollándolo con su riquísima y multifacética experiencia. ¿No es acaso asombroso este tipo de "crisis"?

Para dar a su afirmación aunque sólo sea una apariencia de verosimilitud, Lefebvre recurre al subterfugio siguiente: el caso es, vean ustedes, que la filosofía marxista está en crisis porque lo está toda la filosofía, independientemente de cuáles sean sus tendencias.

Ya a finales del siglo XIX el trovador de la cultura capitalista, el filósofo voluntarista alemán Nietzsche, empleó el mismo juego de manos. Desde entonces lo utilizan todos sus imitadores, los ideólogos del fascismo y de la reacción más belicosa. Anteriormente, los apologistas del capitalismo intentaban hacer pasar lo negro por blanco. En cambio, ahora afirman: sí, la sociedad contemporánea es horrorosa, pero qué se le va a hacer. Ésta es la ley de la existencia, todo es abominable, todo es repugnante, ineludiblemente se ha de producir una catástrofe universal contra la que es inútil luchar.

¡Y he aquí que a Lefebvre le ha hecho falta comenzar por equiparar el marxismo a las escuelas idealistas, eliminar la división en dos campos filosóficos opuestos, para después extender al marxismo la degradación que en realidad sufre la filosofía burguesa!

¿Pero, en dónde ve Lefebvre la crisis general de la filosofía? ¿Y en qué se manifiesta la "crisis" de la filosofía marxista? Sucede, augura Lefebvre, que la filosofía remolonea a la "zaga" de la física, de la geología, y esto reduce el papel que desempeña; los científicos no la necesitan, ellos mismos han superado a la filosofía. Resulta que para no languidecer, la filosofía no debe apoyarse en los resultados de la ciencia. ¿Pero, en qué debe apoyarse entonces? Tengan un poco de paciencia, Lefebvre no tiene la intención de hacer de esto un secreto.

Por muy extraño que parezca, a pesar de que la teoría leninista de los dos campos filosóficos ha quedado "an-

ticuada" según Lefebvre, éste, a pesar de todo, distingue la manifestación de la crisis filosófica general entre los marxistas y los que no lo son; en los primeros, la crisis conduce a una "evidencia" aparente, detrás de la cual se esconde la vulgarización, la repetición de las fórmulas; en los segundos, al "refinamiento de las escuelas, que se tornan incomprensibles, intransmisibles".

Así, pues, Lefebvre reconoce que la filosofía no marxista, y, por lo tanto, idealista, se desarrolla en el sentido de lo supraintelectual, de lo místico, del solipsismo. Gracias por este reconocimiento. ¿Ahora bien, en qué consiste la "vulgarización del marxismo", su "repetición de las fórmulas"?

La verdad es que Lefebvre cita sólo un ejemplo de "vulgarización". Resulta que se trata de la tesis que dice que "en el mundo no existen fenómenos aislados, sino que todos los fenómenos están en conexión recíproca y se hallan mutuamente condicionados". Lefebvre se la atribuye a Stalin. Y manifiesta que "...este marxismo vulgarizado se contradice catastróficamente a sí mismo, ya que se afirma simultáneamente que estos fenómenos pueden existir no sólo fuera de mi conciencia, sino también, en general, fuera de cualquier conciencia; de este modo, se aniquila de una vez la dialéctica, el concepto filosófico de la materia: la práctica humana".

¿Para qué le ha hecho falta a Lefebvre hacer trampas, simular que ignora que la tesis acerca de la conexión y dependencia general de los fenómenos, expuesta por Stalin, es totalmente cierta, que forma parte indivisible del materialismo en general, y con tanta más razón, del materialismo dialéctico, que la doctrina acerca de la conexión general de los fenómenos la desarrollan tanto Marx, como Engels y Lenin? ¿Qué es lo que le ha impulsado a manifestar que es una "vulgarización introducida por Stalin"? ¿Y con ayuda de qué lógica se puede ver una contradicción —¡y catastrófica por añadidura!— entre el reconocimiento de la conexión y dependencia general de los fenómenos y el reconocimiento de su existencia objetiva?

¿Acaso al afirmar que los fenómenos existen fuera de la conciencia se afirma que la conciencia está aislada de ellos? ¿Acaso, por el contrario, no se reconoce que la conciencia refleja estos fenómenos? ¿Acaso Lefebvre no ha oído hablar acerca de la teoría leninista del reflejo? ¿En qué puede verse aquí la aniquilación de la dialéctica, del concepto filosófico de materia, de la práctica humana?

Todo esto lo sabe únicamente Lefebvre, anque no, ni él mismo lo sabe. La verdad es que ha lanzado toda esta palabrería indemostrable con el único objetivo de desacreditar al marxismo, siguiendo el dicho francés de "calomniez, calomniez, il en restera toujours quelque chose", "calumniad, calumniad, siempre quedará algo".

"Un materialista consecuente" sin materia

En lo que atañe a la "repetición de las fórmulas" por los marxistas, Lefebvre se indigna ante todo porque los marxistas de hoy, lo mismo que hace medio siglo, insisten en reconocer la categoría filosófica, la materia, como una realidad objetiva que existe fuera de nuestra conciencia. Lefebvre en cambio, que se llama a sí mismo partidario del "materialismo consecuente", trata por todos los medios de diluir y, en general, de suprimir este concepto.

Y escribe que "...sólo se puede decir que la materia existe, pero no lo que es". Aun cuando las ciencias especiales —la física, la química, la biología, etc.— contienen un "grano de verdad" acerca de la materia, "...sin embargo, nosotros no sabemos bien cuál es. Todos estos conocimientos dispersos, contradictorios, han sido ya puestos en duda, se encuentran ya en camino de ser negados y, por lo tanto, son pasajeros". ¿Pero en qué se diferencia esta, llamémosle así, "materia" de Lefebvre de la "cosa en sí" incognoscible de Kant?

Y he aquí que haciendo pasar, bajo el aspecto de concepción "dialéctica" de la materia, su incognoscibilidad, o simplemente, su negación como realidad objetiva, Lefebvre hace referencia a la nueva física. "Al afirmar «algo» sobre la materia, cualquier ciencia especial nos di-

ce también *lo que la materia no es;* más tarde o más temprano ella alcanza el mundo opuesto (contrario, inverso)". Y Lefebvre explica que se refiere a la "teoría del vacío", que ha hecho posible descubrir el "fondo" que, a su vez, conduce a nuevas formas de vacío. Y el descubrimiento de las partículas conduce al descubrimiento de las antipartículas (antiprotón, antineutrón, etc.).

¡Pero, permítame, esto nos suena a cosa conocida! ¡Claro que sí, se trata de los ejercicios sofísticos de los teólogos! Aquí todo aparece resuelto: que "los novísimos descubrimientos ponen de relieve aspectos tan sutiles de la energía sobre los que se hace necesario hablar como si se tratase de esencias semimateriales"; el que de este modo "queda científicamente demostrada la verdad religiosa de que además de la materia existe también un principio espiritual puro"; que "la física, al descubrir la «antimateria», ha demostrado que hay una existencia inmaterial, del más allá". En esta interpretación de la novísima física están de común acuerdo los miembros de la Academia de Ciencias Papal, los profesores de teología de las Universidades Protestantes, así como los místicos "seglares" de los diversos "institutos de parasicología" y de las "sociedades teosóficas". Su número es más que suficiente en todas las capitales de los estados capitalistas. ¡He aquí en qué respetable compañía ha ido a parar el "materialista consecuente" Lefebvre!

Después de esto, el revisionista Lefebvre no tiene ya nada que perder. Reconoce con toda franqueza: "Continuamos sin saber qué es la filosofía", dando a entender con esto que es incapaz de dilucidar dónde termina su "filosofía" y dónde comienza la fe, enemiga de la ciencia, en un mundo misterioso, sobrenatural. ¡No crean que exageramos! Veamos a continuación lo que escribe el mismo Lefebvre.

Jazz en lugar de filosofía

Lefebvre propone a los "materialistas consecuentes" que "...en lugar de decir algo determinado acerca de la

materia, en lugar de partir de la cosa aislada, una piedra, un árbol, lo que filosóficamente es monstruoso y únicamente se explica por la degradación y crisis de la filosofía", hagan algo verdaderamente original: ¿Por qué no remitir abiertamente a la poesía o a la música la tarea y el derecho de efectuar afirmaciones "cosmológicas" y "ontológicas" acerca del mundo, la naturaleza, la materia y el hombre, por cuanto este último está incluido en el universo? Así volveríamos a la fragancia de las fuentes de la filosofía, a las ingenuas nociones e imágenes dialécticas de Grecia, pero a un nuevo nivel, liberado de lo místico y lo sagrado.

Es decir, en lugar de una concepción científica del mundo, declamación de poesías (claro está que decadentes) con acompañamiento de música (atonal, se sobreentiende). ¡Lo único que falta es el rock and roll!

Con semejante autoliquidación de la filosofía se resuelve también satisfactoriamente la cuestión concerniente a la relación entre el conocimiento científico y la ideología. Lo mismo que a todos los revisionistas, esto le preocupa mucho a Lefebvre. ¡La ideología no debe intervenir en la ciencia: he aquí lo que ellos buscan! Pero hace ya mucho tiempo que ha quedado demostrado que no existe una sola rama de la ciencia, incluida también la física, que pueda prescindir de la filosofía y, por consiguiente, de la ideología. La cuestión reside únicamente en *hacia qué* filosofía, *hacia qué* ideología se orienta uno u otro naturalista: hacia la progresista, marxista, o hacia la reaccionaria, idealista.

A fin de fundamentar la no intervención de la filosofía en las ciencias naturales, Lefebvre cita como ejemplo el famoso que se dio cuando ciertos filósofos materialistas confundían la teoría de la relatividad de Einstein con sus concepciones filosóficas y atacaban a aquélla. Pero hay que tener en cuenta que al actuar así estos filósofos lo que hacían era apartarse, precisamente, del marxismo-leninismo. Como es natural, Lefebvre oculta esto. La realidad es que, de no ocultar esto al lector, no podría sacar

la conclusión. ¡Así, pues, la crisis de la objetividad ha agotado el conocimiento y la ciencia marxista!

De este modo, paso a paso, en el transcurso de 126 páginas, Lefebvre mancilla el marxismo. Los señores de la "Prensa Universitaria" oficial que han editado este burdo pasquín no encuentran seguramente palabras para encomiar al nuevo prosélito de la ideología burguesa. En fin de cuentas, Lefebvre no es el primero ni será el último que ladrando al marxismo se ha abierto camino hacia la cátedra universitaria.

Lefebvre amaña las cartas

¿Con qué derecho afirman ciertos marxistas —pregunta Lefebvre— que únicamente el determinismo físico está en justa correspondencia con el materialismo dialéctico? ¿Con qué derecho critican en este sentido el indeterminismo físico, considerando al determinismo físico como "ciencia marxista"? Y este "marxista consecuente" instruye pedantemente a los marxistas que la necesidad está dialécticamente ligada a la casualidad, por lo que el indeterminismo físico no es menos científico que el determinismo.

Al leer semejante cosa, dicha por un filósofo burgués, habríamos de pensar, claro está que se trata de una confusión imperdonable, cometida por una persona que realmente desconoce el marxismo. Pero, lo que en realidad sucede con Lefebvre es que hace trampas, sencillamente. Él sabe perfectamente que no son "ciertos marxistas", sino *todos* los marxistas, incluidos los fundadores del marxismo, los que han considerado y siguen considerando como premisa obligatoria del materialismo el reconocimiento del determinismo, de la conexión rectora de los fenómenos. Él sabe que, junto con esto, el materialismo dialéctico niega el determinismo metafísico, excluyente de la casualidad, pero reconoce un determinismo que une dialécticamente la necesidad y la casualidad. Todo esto lo estudió Lefebvre en su tiempo en el "Anti-Dühring" y en

la "Dialéctica de la naturaleza" de Engels, en "Materialismo y empiriocriticismo" y en los "Cuadernos filosóficos" de Lenin y —entonces no servía todavía a la burguesía— hasta se lo explicaba a otros.

¿Quizás, piensen ustedes, el infortunado Lefebvre ha perdido la memoria? Ni mucho menos. Recuerda perfectamente las obras de los clásicos del marxismo y no es parco en intercalar citas de ellos, aunque es verdad que después de haberlas preparado de tal modo que aparecen dirigidas contra la esencia misma del marxismo. Así, puede decirse que Lefebvre rebuscó a fondo en una de las primeras obras de Marx, "Tesis sobre Feuerbach", y no encontró en ella la palabra "materia". "Para Marx —manifiesta Lefebvre— la «materia» se halla incluida en la actividad sensorial... Marx no siente la necesidad de definir esta «materia»".

Así, pues, ¿qué es, en fin de cuentas, esta "materia"? "La materia —escribe Lefebvre— es una especie de *x* (incógnita) que, sin embargo, es preciso admitir (plantear - *poser*) en nuestras afirmaciones (o bien, renunciar a admitirla)". ¡Y a Lefebvre le sobra desfachatez para hacer pasar esta "concepción" suya de la materia como correspondiente a la leninista! Y manifiesta que Lenin en "Materialismo y empiriocriticismo" consideraba sin lugar a dudas (expressément) el materialismo como un *"postulado"* de iguales posibilidades que el postulado del idealismo... La existencia de estos dos postulados opuestos significa que son posibles dos interpretaciones idénticamente admisibles del mundo. Por lo tanto, no hay por qué hablar de la verdad absoluta, definitiva y aceptada del materialismo. ¡Qué clase de ignorantes considera Lefebvre que son los lectores de su libelo si espera hacerles digerir una mentira tan descarada acerca de Lenin!

Poniendo digno punto final a esta obra maestra del antimarxismo, Lefebvre, siguiendo la receta que se ha preparado, dibuja la imagen del materialismo dialéctico: "Este último se ha transformado en un monstruo, terrible y lúgubre, que, por debajo de la poca piel que en él queda,

nos muestra triunfalmente su reseco esqueleto". ¡Bravo! ¡Muy bien, Lefebvre! ¡Qué bien ha logrado este tono de la literatura actual de los "comics", acompañada de la obligatoria poesía de horrores y cadáveres! Sólo que, ¿no será un poco pronto para contar al materialismo dialéctico entre los muertos?

El ejemplo de Lefebvre demuestra palpablemente que los revisionistas, en su lucha contra la esencia revolucionaria del marxismo y los intereses fundamentales de los trabajadores, sustituyen invariablemente las bases teóricas del marxismo por las teorías burguesas reaccionarias. Junto con esto —en lo que está de su mano— se aferran también al idealismo "físico". (Bien es verdad que a otros revisionistas les falta para ello hasta esa pizca de pólvora que tiene Lefebvre). Así sucedió hace 50 años cuando la interpretación revisionista machista fue derrotada por Lenin.

Lo viejo y lo nuevo en el revisionismo contemporáneo

Pero, entre los revisionistas del tipo de Lefebvre y los de aquel entonces existe, a pesar de todo, cierta diferencia. A semejante desenfreno y a tan abierta y sistemática preconización de las más rematadas concepciones idealistas como las que nos ofrece Lefebvre, aquéllos llegaron raramente. En aquella época, los revisionistas se cuidaban aún de no quitarse por completo la máscara.

¿Se deduce de esto que al luchar contra el revisionismo contemporáneo, al luchar contra las novísimas variantes del idealismo "físico", se han de emplear otros métodos que los utilizados por Lenin? No, aquí, lo mismo que en todo lo demás, debemos aprender continuamente de Lenin. Sería erróneo contraponer a las manifestaciones de los revisionistas, así como a las de los idealistas "físicos", nada más que citas y referencias de los clásicos del marxismo. Hace falta, como hizo Lenin, penetrar en la esencia de los argumentos de nuestros enemigos ideológicos, refutarlos documentadamente, analizar pacientemente sus ima-

ginarias "razones". El denominar simplemente antimarxista una u otra tesis, o ponerle el letrero de "idealismo" o de "metafísica" no significa que se convenza a nadie de su falsedad.

Por otra parte, al exigir un enfoque mediato, un enfoque con conocimiento de causa, con conocimiento de la filosofía, física, etc., con un profundo sentido de los problemas planteados, no se debe, de ningún modo, renunciar a la sinceridad leninista, a la combativa propaganda, a la ardiente pasión con que él defendía la causa obrera, el Partido, la pureza de su arma ideológica.

No se puede en "aras de la urbanidad" renunciar al principio leninista del espíritu de partido en la filosofía, sino que hay que llamar idealismo al idealismo, metafísica a la metafísica, traidores a los traidores. Aplicados al idealismo "físico" de nuestra época, y junto con él también al revisionismo que ha puesto a aquél a su servicio, podemos con todo fundamento decir, empleando las palabras de Lenin, que son "productos muertos, ciertos residuos que deben ser arrojados al basurero".

EPÍLOGO

De todo lo expuesto se deduce claramente que el medio siglo que ha transcurrido desde que vio la luz la gran obra de Lenin "Materialismo y empiriocriticismo" ha traído consigo una total confirmación de sus geniales ideas. Todo lo que él dijo acerca de la inagotabilidad de la materia y de su movimiento, sobre el espacio y el tiempo, la causalidad, el idealismo "físico", el agnosticismo, las raíces de la crisis por la que pasaban las ciencias naturales a comienzos de nuestro siglo, sobre el cercano e inevitable paso consciente de los naturalistas a las posiciones de la dialéctica materialista, todo esto —y mucho más— se ha visto plenamente confirmado.

La definición, leninista de la materia como una realidad objetiva, dada al hombre en sus sensaciones, reflejada por éstas y existente independientemente de ellas, golpea con el mismo acierto tanto al idealismo objetivo como al subjetivo. Elevándose en el proceso de su desarrollo de las sensaciones a los conceptos, el conocimiento humano continúa siendo, junto con esto, conocimiento de la naturaleza objetiva. Sólo demuestra su materialidad, así como la de su parte integrante: el hombre mismo con su cerebro pensante. Por muy altos que estén los escalones de la abstracción a que se eleve, por muy "insólitos" que sean los fenómenos de la naturaleza que descubra, el conocimiento no hace más que intensificar el poderío del hombre sobre la naturaleza. Pero, claro está, este conocimiento es incapaz de transformar la naturaleza en un producto de la conciencia, ya sea del hombre, ya de un "espíritu universal", de un dios.

Lo mismo que en la época de Lenin, el materialismo dialéctico es incompatible con cualquier variedad del idealismo, del agnosticismo y de la metafísica, aun cuando se disfracen con las palabrejas y subterfugios más modernos. Y no cabe la menor duda de que el último grito de moda del idealismo "físico" —esta vez su interpretación platónico-tomista— es, lo mismo que lo fue anteriormente, pasajera. En las nuevas condiciones, esta moda reaccionaria, enfrentada a la ciencia de vanguardia de la Unión Soviética y de los países socialistas, ha de ser aun menos duradera que la anterior, la machista.

Y lo mismo que antes, como en 1909, la filosofía idealista y el idealismo "físico" incluido, expresa, en fin de cuentas, la ideología de las clases explotadoras. El revisionismo se aferra a él para desarmar teóricamente al proletariado y a su partido, para hacerlos caer en brazos de la ideología burguesa.

El idealismo "...no es más que una forma afinada, refinada, del fideísmo, que persiste armado con todas sus armas, dispone de muy vastas organizaciones y, sacando provecho de los menores titubeos del pensamiento filosófico, continúa incesantemente su acción sobre las masas", escribía Lenin, al finalizar su libro. Y esto sigue siendo cierto en la actualidad.

Junto con esto, es también evidente cuán intensamente el estado actual del desarrollo de las ciencias naturales, la física, así como también el estado de ánimo de los científicos, se diferencian del estado de la ciencia y de las concepciones de los naturalistas, cualesquiera que éstas fuesen a comienzos de nuestro siglo. Esto exige de nosotros un enfoque creador del materialismo dialéctico, al que nos llama el Partido.

El método dialéctico materialista del conocimiento no se reduce únicamente a los principios generales. Éste interviene en cada rama de la ciencia como método suyo especial de investigación —matemático, físico, químico, fisiológico, etc.—. No impone a la naturaleza sus leyes: por el contrario, de la naturaleza misma y a través de las cien-

cias especiales surgió y se desarrolla, continúa enriqueciéndose. Los materialistas dialécticos no están dispuestos a sustituir por la filosofía las matemáticas, la física, la biología y las otras ciencias especiales.

Por eso, considerando, por ejemplo, inmutable la tesis de la filosofía marxista acerca del carácter infinito e inagotable de la materia, no se puede resolver basándose únicamente en esto, la cuestión, digamos, de las propiedades geométricas del espacio, sino que deben dejar su solución a cargo de las matemáticas, la física y la astronomía. Inmutable es también la tesis acerca del determinismo, acerca de la interconexión y el carácter condicionado de todos los procesos de la naturaleza. Si embargo, la investigación de la diversidad de las formas de manifestación del determinismo en los diversos escalones estructurales de la materia incumbe, ante todo, a las matemáticas, la física, la astronomía, la biología y, sólo después, a la filosofía.

Marx, Engels y Lenin dieron a los naturalistas las bases gnoseológicas para resolver estos problemas. Pero, los clásicos del marxismo no pretendían sustituir por la filosofía las ciencias especiales. Y no ligaban el marxismo a aquellas soluciones que estas ciencias, en uno u otro período de su desarrollo, dan a estos problemas.

El espíritu de "Materialismo y empiriocriticismo" quedaría mancillado si intentásemos transformar nuestra filosofía en una especie de "ambulancia de urgencia" al servicio de las ciencias naturales. Resolver una cuestión cualquiera cuya solución se desconoce, por ejemplo, el problema sobre la naturaleza de la masa —si ésta es o no totalmente de campo— sólo puede hacerse mediante los experimentos físicos y la teoría, y no con la sola y única ayuda de las categorías y leyes de la dialéctica materialista. Pensar de otro modo significa situarse en la posición de la filosofía naturalista especulativa.

De esto se deduce que los filósofos no deben intentar forzar a los naturalistas a que adopten uno u otro esquema filosófico abstracto en lugar de dar una solución real

a los problemas de las ciencias naturales (por ejemplo, al problema del surgimiento del sistema solar). Los filósofos no deben "resolver" las disputas entre concepciones teóricas rivales (por ejemplo, en lo que respecta a las partículas elementales), declarando que unas son "marxistas" y otras "antimarxistas".

En filosofía, lo mismo que en la física, no hay que conformarse con aprender fórmulas de memoria. Hay que luchar contra la rutina del pensamiento —en primer lugar, personalmente, contra la propia rutina, ya que la costumbre, según señalaba Lenin, es una fuerza formidable—; hay que buscar audazmente nuevas soluciones que correspondan a los nuevos logros, apoyándose para esto en la concepción del mundo y en el método marxista. Hay que elaborar las categorías filosóficas, las leyes de la lógica dialéctica, estudiando y aprendiendo incansablemente a la par del progreso de las ciencias naturales.

De esto se infiere también que tampoco los naturalistas deben utilizar este falso método en la lucha contra sus enemigos científicos. En la política, según dijo el camarada Jruschov en su informe al XXI Congreso del Partido Comunista de la URSS, el dogmatismo y el sectarismo "dificultan el desarrollo de la teoría del marxismo-leninismo y su aplicación práctica, conducen a desligarse de las masas". En filosofía, el dogmatismo y el sectarismo tergiversan el materialismo histórico, llevan a la separación de la filosofía respecto a la ciencia viva, a su desarrollo, dificultan la lucha contra el idealismo "físico".

Sin embargo, de lo dicho sería erróneo deducir que a la filosofía le corresponde únicamente adornar la fachada del grandioso edificio, continuamente en construcción, de las ciencias naturales. El vínculo entre la filosofía del materialismo dialéctico y las ciencias naturales es incomparablemente mucho más profundo y sólido.

Conceptos generales tales como la materia, el movimiento, el espacio, el tiempo, la causalidad, la existencia física, la posibilidad, etc., son tanto nociones físicas como filosóficas. La física y otras ciencias las elaboran utili-

zando sus propios métodos y luego la filosofía generaliza los resultados totales. Pero, de tiempo en tiempo, hay instantes en que la física se ve obligada a recurrir a la filosofía, a recurrir a aquellas nociones generales que se encuentran en la demarcación entre la filosofía y las ciencias especiales.

El edificio de las ciencias naturales se extiende no sólo a lo ancho, abarcando cada vez nuevos sectores concretos, y se eleva no sólo hacia arriba, levantando nuevas teorías. Inevitablemente se ve obligado a reforzar también sus cimientos, a modificar sus nociones iniciales, a revisar los métodos lógicos de investigación. Por lo tanto, necesita tanto de la filosofía como ésta de aquél. He aquí por qué la lucha por la pureza de la filosofía, por su calidad científica, por impedir que en ella se introduzcan tergiversaciones, es de una gran importancia no sólo para la filosofía, sino también para las ciencias naturales.

Ciertos naturalistas, como Heisenberg, aun cuando llegan a admitir que entre la filosofía y las ciencias naturales existe una conexión, sin embargo, no se imaginan de modo suficientemente claro el carácter de esta conexión. Suponen que la influencia de las ciencias naturales sobre la filosofía se manifiesta únicamente cuando los descubrimientos de aquéllas son tan generales que se refieren a las cuestiones del método científico o a las premisas primordiales de la totalidad de las ciencias naturales.

Esto no es así del todo. Sólo a primera vista puede parecer —como le parece a Heisenberg— que para la filosofía es indiferente una u otra formulación de los axiomas de la mecánica newtoniana, que para ella sólo tiene importancia el que esta mecánica demuestre en su conjunto la posibilidad en principio de la descripción matemática de los fenómenos de la naturaleza.

Pero, la historia de la filosofía y de las ciencias naturales testimonia otra cosa. Frecuentemente, no sólo el aspecto de una fórmula general, sino hasta la exactitud consistente en agregar una sola cifra decimal, trae consigo consecuencias que cambian los rasgos esenciales del cua-

dro científico-natural del mundo, y, por lo tanto, influyen también en las concepciones filosóficas.

Como ejemplo se puede citar, precisamente, el descubrimiento por Planck de su fórmula de la radiación térmica. Heisenberg saca la conclusión errónea de que el significado principal de este descubrimiento consistió (merced a la introducción de una nueva constante universal) en el renacimiento de las ideas platónicas en la ciencia. La verdad es que ejerció su influencia en la filosofía con la demostración del carácter discontinuo de la acción, y, por lo tanto, del carácter dialéctico continuo-discontinuo de la materia, de su movimiento, de sus formas.

Esta interpretación errónea de la influencia de las ciencias naturales en la filosofía está indisolublemente ligada a que Heisenberg y otros muchos naturalistas pierden de vista que la influencia inversa de la filosofía sobre las ciencias naturales depende por completo del carácter de esta filosofía. No cabe la menor duda de que la filosofía dialéctica de Hegel dio impulso a no pocas ideas que, a pesar de su envoltura idealista, contenían un grano racional y, por lo tanto, ejercieron una influencia estimulante sobre el progreso de las ciencias naturales. Pero esto se produjo no merced al idealismo, sino a pesar de él. Así sucedió también, por cierto, con la filosofía materialista, mientras continuó siendo metafísica. Sus ideas contribuyeron al desarrollo de las ciencias naturales no merced a la metafísica, sino a pesar de ella, y se afianzaron en las ciencias naturales sólo en la medida en que se desprendieron de la metafísica.

En "Materialismo y empiriocriticismo", Lenin nos demostró cuál ha de ser nuestra actitud respecto a los naturalistas burgueses. Llama a Ostwald gran físico, pero filósofo muy confuso; a Poincaré, célebre matemático y físico, pero muy mal filósofo. Al hablar de los profesores "capaces de escribir las más preciadas obras en las ramas especiales de la química, historia y física", Lenin, al mismo tiempo, subraya que *no se les puede creer ni una sola palabra* en cuanto se trata de filosofía.

Lenin explica que la tarea de los marxistas consiste en "asimilar y reelaborar las conquistas que logran estos «dependientes»... y en *saber* separar su tendencia reaccionaria, saber seguir la línea de conducta *propia* y luchar contra *toda la línea* de las fuerzas y clases que nos son enemigas".

Ciertos filósofos materialistas han considerado, sin embargo, que era ya hora de revisar esta tesis de Lenin. Ahora, decían, el proceso de descomposición del imperialismo ha avanzado tanto que las ideas falsas, reaccionarias, han penetrado hasta la médula en las ciencias naturales de los países capitalistas, convirtiéndolas en seudociencia. Ahora, según ellos, no se puede creer a los profesores de física burgueses no sólo cuando se habla de filosofía, sino tampoco cuando se trata de la misma física.

La falta de base de estos razonamientos es evidente. En contra de las concepciones idealistas de unos u otros científicos, la física de los países capitalistas —tanto la experimental como la teórica— cuenta en su haber con no pocos éxitos admirables. Los científicos burgueses no están, en general, interesados en transformar la física en una seudociencia. La realidad es que sólo si es capaz de servir a los fines prácticos, la gente continuará estimándola.

No hablemos ya de que la mayoría de estos científicos han asimilado las tradiciones de la ciencia, y tienden sinceramente a la búsqueda de la verdad. Es también evidente que el confundir las interpretaciones filosóficas de las teorías físicas con estas mismas teorías causa un gran daño a nuestra física. La ciencia no puede progresar aisladamente, dentro de los límites de países separados, sobre todo en nuestros días, cuando las grandiosas tareas que la misma ciencia ha planteado exigen, cada vez más imperiosamente, la colaboración internacional de los hombres de ciencia.

La física soviética ha logrado, según es sabido, éxitos teóricos y prácticos, reconocidos universalmente, en todos los sectores, y cuenta entre sus filas a muchos de los cien-

tíficos más descollantes. Sus méritos en la obra de nuestro progreso técnico y económico y en el reforzamiento de la potencia defensiva de la Unión Soviética son incontables.

El plan septenal de desarrollo de la economía de la Unión Soviética —etapa decisiva en la senda de la edificación de la sociedad comunista— plantea ante la física soviética nuevas tareas aun más grandiosas. Ella puede resolverlas con seguridad y sin errores si se rige por la metodología marxista-leninista, desarrollándola incansablemente, superando audazmente toda rutina, como demostró Lenin con su gran ejemplo.

Cuanto más dirigido esté nuestro pensamiento filosófico por la senda señalada por Lenin, cuanto más consecuentemente se realice el principio del espíritu de partido en la filosofía, cuanto más audazmente se planteen los nuevos problemas y sus soluciones y se enjuicien con un espíritu de camaradería —y estos problemas no son por su número menores en el marxismo que en cualquier ciencia especial— tanto más crecerá la fuerza transformadora y creadora de nuestra invencible doctrina. Y tanto más aumentará también la fuerza de atracción que nuestra filosofía ejercerá sobre los naturalistas.

Para defender el marxismo, para luchar felizmente contra "las tendencias filosóficas de moda que con tanta frecuencia surgen en los países europeos, comenzando, aunque sólo sea, por aquéllas que estaban ligadas al descubrimiento del radio, y terminando por las que ahora tienden a aferrarse a Einstein...", Lenin, como es sabido, nos dejó ordenado realizar la unión de los filósofos marxistas con los representantes de las ciencias naturales contemporáneas.

"...Sin una sólida base filosófica no hay ciencias naturales, no hay materialismo que pueda aguantar la lucha contra el empuje de las ideas burguesas y la restauración de la concepción burguesa del mundo. Para resistir esta lucha y llevarla hacia el final con todo éxito, el naturalista debe ser un materialista moderno, un partidario cons-

ciente del materialismo representado por Marx, es decir, debe ser materialista dialéctico... Los naturalistas contemporáneos hallarán (si saben buscar y si aprendemos a ayudarles) en la interpretación materialista de la dialéctica de Hegel una serie de respuestas a las cuestiones filosóficas que plantea la revolución en las ciencias naturales y por las que «derivan» hacia la reacción los admiradores intelectuales de la moda burguesa.

Sin plantearse esta tarea y sin realizarla sistemáticamente, el materialismo no puede llegar a ser un materialismo combativo. Seguirá siendo, utilizando el dicho de Schedrin, no tanto un combatiente como un combatido. Sin realizar esto, los naturalistas de mérito continuarán, con tanta frecuencia como hasta ahora, estando desamparados en sus deducciones y generalizaciones filosóficas. Pues el caso es que las ciencias naturales progresan con tal rapidez, sufren un período de tan profunda reforma revolucionaria en todos los sectores, que las ciencias naturales no pueden prescindir en ningún caso de las conclusiones filosóficas".

De nosotros, filósofos y naturalistas de la Unión Soviética y de los países de democracia popular, depende el que este gran programa leninista, que continúa siendo la estrella señera de numerosas generaciones, se cumpla felizmente, el que abra nuevas y nuevas perspectivas a los naturalistas de vanguardia de todo el mundo.

A finales de Octubre de 1958, en Moscú se celebró la Conferencia Soviética sobre las cuestiones filosóficas de las ciencias naturales, organizada por la Academia de Ciencias y el Ministerio de Instrucción Superior de la URSS. Su tarea consistía en reforzar la unión entre los filósofos y naturalistas de la Unión Soviética. Fue un buen comienzo para terminar con el aislamiento con que una parte de los naturalistas reaccionó —en perjuicio de las mismas ciencias naturales— a los erróneos planteamientos de ciertos filósofos que intentaban "suprimir" la teoría de la relatividad, la mecánica cuántica, la cibernética, el estudio biofísico y bioquímico de los procesos biológicos, la lógica matemática, etc.

Cuanto más rápidamente y más a fondo sea eliminado este aislamiento por ambas partes, cuanto más se dediquen los naturalistas, no sólo a estudiar la filosofía del marxismo, sino también a aplicarla activamente a su ciencia elaborándola de una forma creadora, tanto más unidos avanzarán los filósofos y naturalistas marxistas en una misma fila a lo largo de la senda iluminada por las ideas inmortales de Lenin, superando todos los obstáculos, triunfando sobre todos los enemigos, alcanzando sin cesar triunfos cada vez más grandiosos.

ÍNDICE

1. LA CRISIS DE LA FISICA A COMIENZOS DE ESTE SIGLO 9
En las proximidades del microcosmo 9
El radio, "gran revolucionario" 11
Tres tipos de radiaciones 12
La destructibilidad del átomo 13
Las desventuras del energetismo 14
El descubrimiento del electrón 15
La variabilidad de la masa y los subterfugios de los idealistas 16
El desmoronamiento del mecanicismo 18
El modelo del átomo, según Thomson 20
Modelo planetario del átomo, según Rutherford 20
La "derogación" de las leyes de la naturaleza 23
¿Acaso puede desterrar el matematicismo a la materia? 25
Relativismo físico y relativismo filosófico 27
"La economía del pensamiento" y el fenomenismo 28

2. EL ESPIRITU DIALECTICO DE LA NUEVA FISICA Y EL IDEALISMO "FISICO" 30
El carácter aparentemente paradojal de la teoría de la relatividad 31
La revolución provocada en los conceptos por la teoría cuántica 32
La suerte nada envidiable del idealismo "físico" 34
El historicismo aplicado a la comprensión de la crisis de la física 35
Las tesis de Lenin deben ser aplicadas en forma creadora 37
Los "tres mundos" de la física contemporánea 39
La ampliación de los límites del conocimiento 40

La singularidad cualitativa de los "mundos" de la física 41
La unidad de la naturaleza 43
La jerarquía de las formas del movimiento 45
La "reducción" 47
El triunfo del materialismo dialéctico 48
Una grandiosa previsión 49

3. EL ESPACIO Y EL TIEMPO 50
La evolución de los conceptos de espacio y tiempo 51
La aportación de la teoría de la relatividad 53
Un golpe asestado al apriorismo 55
La teoría de la gravitación 56
Los subterfugios de los idealistas ante la teoría de la relatividad 57
La masa 59
La energía 62
La cuarta dimensión 63
Los sistemas de Ptolomeo y Copérnico 64
¿Cuál es el origen de la contradicción aparente? 65
"La paradoja del reloj" 66
El desplazamiento gravitacional hacia el rojo 69
Los metafísicos "suprimen" la teoría de la relatividad 70
Los límites de la teoría de la relatividad 71
El desplazamiento extragaláctico al rojo 72
Modelos del universo 75
Discusiones acerca del carácter infinito o finito del espacio 75
Sentido en que se produce el desarrollo 78
La eterna renovación de la naturaleza 81
La "teoría de la muerte térmica" del universo 81
Carácter estadístico del segundo principio de la termodinámica 83
El movimiento en línea ascendente 85

4. LA LEY NATURAL 86
La causalidad mecánica 87
La causalidad en la teoría de la relatividad 88

Crítica de la causalidad mecánica y del agnosticismo .. 89
"Todo está ligado a todo" 91
La causalidad en la teoría cuántica y la dualidad de los microobjetos 92
La probabilidad no es la "medida de las esperanzas" 95
Tres formas de estadística 97
Invenciones acerca del "indeterminismo" de la física cuántica 99
La medición de los microobjetos 101
"La tesis de la observación como principio" 104
¿Qué representan en la física los "principios"? 104
El "principio de complementariedad" 105
Dos errores peligrosos 106
Los principios de variación y la orientación hacia un fin 107
La significación de las analogías matemáticas 110
El método de los modelos, la automatización y la cibernética 111
Los mecanismos "inteligentes" no piensan 113

5. LOS DATOS ACTUALES ACERCA DE LA ESTRUCTURA DE LA MATERIA 114
La práctica de la física confirma el materialismo .. 116
El atomismo contemporáneo 116
El átomo de Bohr 118
Los idealistas "físicos" se alegraron antes de tiempo 120
Renuncia a los modelos demostrativos del átomo 121
El vínculo indisoluble entre la teoría y la práctica .. 122
La riqueza de la ley periódica de Mendeléiev 123
Qué se sabe acerca de las partículas elementales 126
El espín 129
La paridad 130
Los multipletes 130
Las antipartículas y la "extrañeza" 132
Tres tipos de interacciones 133
La transmutabilidad 134
Las fuerzas nucleares 136
Las leyes de la conservación 137

La inversión combinada y el "antiuniverso" 139
El misticismo, parásito de la ciencia 141
El sistema de las partículas elementales 142

6. LAS TENTATIVAS REALIZADAS PARA CONSTRUIR UNA TEORIA FISICA UNICA DE LA MATERIA .. 144
Dificultades de la física cuántica relativista 144
Dos direcciones de las búsquedas 145
La "teoría de la doble solución" 146
Historia de las tentativas realizadas para crear una teoría única de la materia 148
La teoría de Heisenberg 150
Lo continuo y lo discontinuo en la mutabilidad de los cuadros del mundo 152
La importancia metodológica de la nueva teoría 154
El paso a la nueva atomística 156

7. LAS ULTIMAS PERIPECIAS DEL IDEALISMO "FISICO" 158
La evolución de las concepciones filosóficas de Heisenberg 158
La resurrección del platonismo 159
¿Puede acaso el físico "insertar" algo en la naturaleza? 161
Las causas sociales de la vuelta al platonismo 163
La ciencia está en contra del positivismo 166
Las raíces gnoseológicas del retorno al platonismo 168

8. EL IDEALISMO "FISICO" AL SERVICIO DEL REVISIONISMO DE NUESTRA EPOCA 171
El aparato de propaganda de la ideología burguesa .. 171
Una "guía" para la lucha contra el materialismo dialéctico 172
Lefebvre "elimina" la cuestión fundamental de la filosofía 173
El descubrimiento de la "crisis del marxismo" 174
"Un materialista consecuente" sin materia 177
Jazz en lugar de filosofía 178
Lefebvre amaña las cartas 180
Lo viejo y lo nuevo en el revisionismo contemporáneo 182

EPILOGO 185

SE TERMINÓ DE IMPRIMIR
EN EL MES DE ABRIL
DE 1964 EN LOS TALLERES
DE IMPRENTA LETRAS S. A.
LA PAZ 1829, MONTEVIDEO